

ESEIAAT



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

**Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa**

Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

DANIEL NAVARRO LEIVA

PROYECTO DE DISEÑO DE UN COMPONENTE DE PLÁSTICO Y DEL MOLDE PARA SU FABRICACIÓN POR INYECCIÓN

PROYECTO FIN DE GRADO

REPORT

Director: Miguel Sánchez Soto

Fecha de entrega: 10/06/2019

Tabla de Contenido

1. ABSTRACT	5
2. DECLARACIÓN DE HONOR.....	6
3. OBJETO, REQUERIMIENTOS Y UTILIDAD DEL TRABAJO.....	6
4. EL DIFUSOR.....	7
4.1 EL COMPONENTE A DISEÑAR	9
5. SELECCIÓN DEL MATERIAL	11
5.1 ¿POR QUÉ EL PLÁSTICO?	11
5.2 ABS/PC (Policarbonato/Acrilonitrilo-butadieno-estireno).....	14
5.2.1 PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS.....	14
5.3 CONCLUSIONES	15
6. LA CARCASA.....	16
6.1 ANALISI GEOMETRICO.....	19
6.2 PROTOTIPO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D	20
7. INYECCIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS Y SUS RESTRICCIONES.....	21
7.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INYECCIÓN DEL ABS/PC.....	23
8. DISEÑO DEL MOLDE	24
8.1 UBICACIÓN DE LA PIEZA	25
8.2 POSTIZOS	26
8.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	28
8.4 SISTEMA DE CORREDERAS.....	32
8.5 SISTEMA DE EXPULSIÓN	36
8.6 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	41
8.6.1 TIEMPO DE ENFRIAMIENTO	41
8.6.2 CALOR A DISIPAR Y CANTIDAD DE FLUIDO NECESARIO	41
8.6.3 REFRIGERACIÓN DE LOS POSTIZOS	42
8.6.4 REFRIGERACIÓN DE LA PLACA MÓVIL.....	45
8.7 SISTEMAS DE SEGURIDAD	48
8.8 AÑADIDOS	50
8.9 CONJUNTO	52
9. CONSIDERACIONES AMBIENTALES.....	54
10. RESUMEN DE RESULTADOS.....	57
11. BIBLIOGRAFIA.....	59
12. ANEXOS	60
12.1 CÁLCULOS.....	60
12.1.1 CÁLCULO DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO	60

12.1.2 CÁLCULO DEL CALOR A DISIPAR Y CANTIDAD DE FLUIDO NECESARIO	61
12.1.3 CÁLCULO DE LA FUERZA DE PRESIÓN DEL MOLDE	63
12.2 DIAGRAMA DE GANTT	64
12.3 INDICE DE ILUSTRACIONES	65
12.4 INDICE DE TABLAS	66
12.5 INDICE DE ECUACIONES	66
PRESUPUESTO DEL PROYECTO	66
PLANOS.....	66
PLIEGO DE CONDICIONES.....	66

1. ABSTRACT

La industria automovilística diseña, desarrolla, produce e incorpora centenares de piezas de plástico en sus vehículos. Dada la naturaleza de producción a gran escala de esta industria, se requieren procesos de fabricación óptimos en calidad, tiempo y en precio por unidad producida, es por esto que se recurre al proceso de inyección de plástico para generar las piezas que se colocan en los vehículos.

En el siguiente proyecto se presenta la oportunidad de diseñar un componente de plástico para la industria del automóvil y además, el molde de inyección para su posterior fabricación.

The automotive industry designs, develops, produces and incorporates hundreds of plastic parts in its vehicles. Given the nature of large-scale production of this industry, optimal manufacturing processes are required, that is why the process of plastic injection is used to generate the components that are placed in the vehicles.

The following project presents the opportunity to design a plastic component for the automotive industry and also, the injection mold for its subsequent manufacture.

2. DECLARACIÓN DE HONOR

I declare that, the work in this Degree Thesis is completely my own work, no part of this Degree Thesis is taken from other people's work without giving them credit, all references have been clearly cited, I'm authorised to make use of the company's / research group related information I'm providing in this document. I understand that an infringement of this declaration leaves me subject to the foreseen disciplinary actions by The Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTECH.

Student: Daniel Navarro Leiva

Date: 10/06/2019

Title of the Thesis: Proyecto de diseño de un componente de plástico y del molde para su fabricación por inyección.

3. OBJETO, REQUERIMIENTOS Y UTILIDAD DEL TRABAJO

En este proyecto se diseña (a partir de unos requerimientos previamente definidos) una carcasa de plástico destinada a albergar diferentes componentes que formarán el difusor del aire de un vehículo, así como el molde de inyección que permitirá la producción de dicha carcasa. Se generarán los planos técnicos de los elementos que haya que fabricar, se especificará un presupuesto desglosado catalogando todos los componentes, su proveedor y material o norma y finalmente se adjuntará un pliego de condiciones del proyecto.

Con este proyecto y con las decisiones adoptadas, se pretende que el molde diseñado cumpla con su función y permita que dicha pieza sea producible a gran escala, cumpla con los requerimientos técnicos presentes en la industria automovilística y pueda albergar todos los demás componentes para formar el conjunto del difusor de aire del vehículo.

4. EL DIFUSOR

Antes de empezar a generar el modelo de la carcasa es necesario ver y describir las piezas que forman todo el conjunto.

En total hay 29 piezas unidas entre ellas mediante sistemas de anclaje a presión (en las piezas que no necesitan moverse o rotar) o mediante a sistemas de guiado como pueden ser el uso de orificios y salientes (en las piezas que pivotan).

No existe ningún tipo de herraje, o componente metálico en el conjunto como puedan ser tornillos, muelles, pasadores, tuercas, etc.

Debido a la función del difusor, existen algunos componentes que forman mecanismos cuyas funciones son permitir movimientos de rotación o desplazamiento.

A continuación, se muestra el conjunto al cual se le ha aplicado diversos colores para facilitar su interpretación.



Ilustración 1. Imagen del conjunto de componentes que forman el difusor.



Ilustración 2. Vista superior del conjunto.

Cómo se puede observar la rueda frontal, situada en la parte inferior, es una de los dos componentes con los que el usuario interactúa de manera directa. Esta pieza permite que el usuario la rote accionando así el sistema posterior formado por el ala que al girar dejan o no pasar el flujo de aire.

El ala rota gracias a un mecanismo formado por la rueda, una barra que oscila gracias a un sistema de bola y finalmente la pieza que alberga dicha ala, que queda fijada gracias a un sistema de anclaje a presión.

Además, hay otra pieza con la cual el usuario interactúa de forma directa, que es la lengüeta situada en la parte central que permite direccionar el aire gracias a un sistema de rejilla que pivota tanto en sentido vertical como en sentido horizontal.

Gracias a este simple sistema, se consigue que con dos interacciones el usuario pueda no solo determinar la cantidad de aire que sale por el difusor, sino también la dirección de éste, teniendo libertad en el eje vertical y horizontal.

La totalidad de las piezas van colocadas en el interior de la carcasa a excepción de un aro embellecedor y las cuatro pestañas exteriores que permiten anclar el difusor en el salpicadero del vehículo.

4.1 EL COMPONENTE A DISEÑAR

Para este proyecto se ha seleccionado la carcasa de plástico que conforma el difusor visto anteriormente.

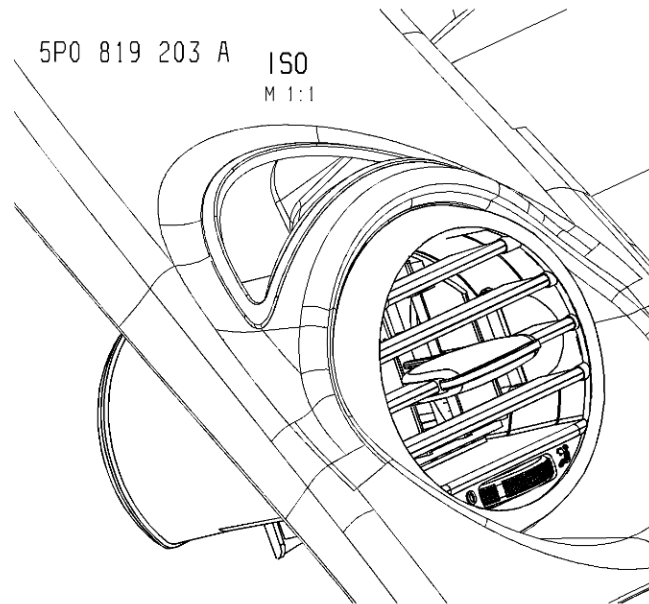


Ilustración 3. Situación del difusor en el vehículo.

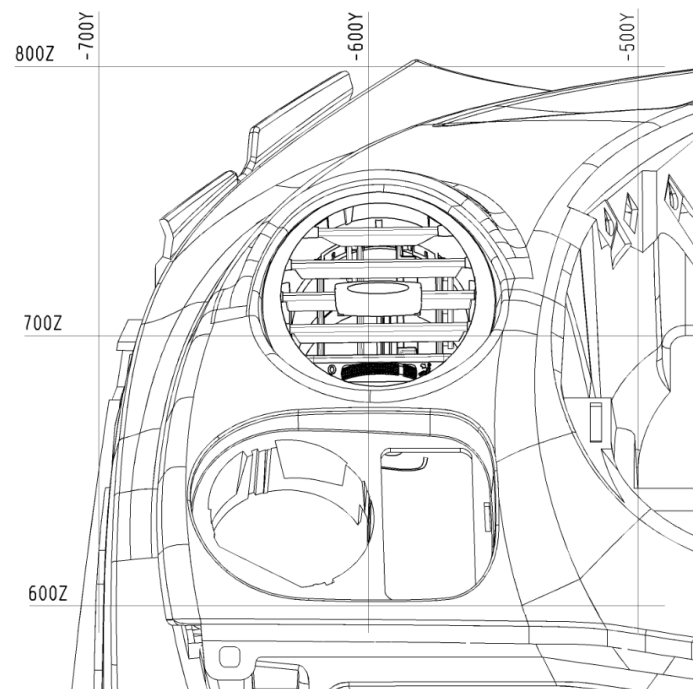


Ilustración 4. Difusor del vehículo.

El componente ha de albergar todas las piezas vistas anteriormente con la función de generar un conjunto que permite al usuario del vehículo determinar la cantidad de flujo de aire que sale por el difusor, así como la dirección de éste.

Por tanto, la carcasa que se trabaja aquí ha de cumplir con varios criterios básicos de diseño; ha de ser capaz de albergar los demás componentes y permitir su correcto funcionamiento, ha de poderse integrar en el salpicadero del vehículo y ha de poderse fabricar mediante el proceso de inyección.

Para generar el modelo de la carcasa a partir del cual se trabajará y se generará el molde, se ha partido de los requerimientos técnicos proporcionados por el director del proyecto. Estos requerimientos son un plano de conjunto donde se sitúa el conjunto del difusor de aire en el vehículo y el conjunto en un archivo de malla 3D.

5. SELECCIÓN DEL MATERIAL

Después de ver y entender cómo funciona el conjunto del difusor y qué elementos lo conforman, es necesario determinar el material óptimo con el que fabricar la carcasa.

Para ello se realizará un breve estudio con la finalidad de analizar los materiales plásticos presentes en la industria automovilística para finalmente justificar la decisión tomada.

5.1 ¿POR QUÉ EL PLÁSTICO?

Bien es sabido que en la industria del automóvil se usan grandes cantidades de materiales distintos. Por una parte, se encuentran metales como el acero y aluminio, destinados a componentes estructurales como el chasis, piezas de carrocería, tuberías, ejes, etc.

Pero también aparecen materiales sintéticos como los polímeros termoplásticos, entre los que se destacan:

- ABS
- Poliamida (PA)
- Poliesterieno (PS)
- Policarbonato (PC)
- Plásticos técnicos (PC/ABS, POM, PC/PET, PBT...)

También se utilizan polímeros termoestables, principalmente usados en elementos como los retrovisores, paragolpes, pasos de rueda o rejillas. Dentro de estos plásticos se destacan:

- GU-P (Resinas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio)
- GFK (Plásticos reforzados con fibra de vidrio)
- EP (Resina epoxi)

En mayor parte el uso de plásticos dentro de la industria del automóvil se debe a varias ventajas frente a otros materiales:

- Gran facilidad de estos materiales a absorber energía y por tanto a la deformación en caso de impacto.
- Resistencia a agentes externos y efecto de los productos químicos.
- Gran modeabilidad, que dota a estos materiales de la capacidad de adquirir gran variedad de geometrías tanto simples como complejas.
- Buenas propiedades de aislamiento térmico, acústico y eléctrico.
- Reducción de peso del vehículo.

“La ligereza en el peso de los plásticos es un beneficio claro para la industria del automóvil, (...) permite realizar sistemas y componentes más sofisticados, tales como sistemas de control de temperatura en el coche y ventilación de este, por no mencionar sistemas adicionales de seguridad como el ya bien conocido airbag.” (Evolución del Uso de los Materiales Plásticos en la Industria Automotriz., 2019)

Además de sus buenas propiedades y características, cabe destacar el aumento de regulaciones y normativas en ámbito legislativo al que se ven sometidas las empresas, ingenieros y diseñadores de la industria automovilística. Se destacan aquellas relacionadas con el consumo de combustible y el medio ambiente. El uso de plásticos satisface dichas normativas gracias a las propiedades de éstos, que consiguen reducir el peso del vehículo, generar componentes más aerodinámicos (geometrías complejas) haciendo que los consumos se reduzcan y la eficiencia del vehículo mejore.

En definitiva, *aproximadamente más de un 70% del peso del vehículo correspondería a materiales metálicos, y un 14% serían materiales plásticos.* (Evolución del Uso de los Materiales Plásticos en la Industria Automotriz., 2019).



Il·lustració 5. Interior de un vehículo actual

Se ha decidido utilizar el termoplástico técnico ABC/PC como material para generar la carcasa. Esta decisión viene determinada por las especificaciones del fabricante tal y como se puede observar en la siguiente ilustración:

-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
13	4	Clip/clip	U007086200	Ck 67
12	1	Metal beam /rayo metalico	4020243810	Ck 67 (nitrided)
11	1	Knopf/deslizador	4020383810	ABS/PC T85
10	1	H-Koppelstange/Barra de union	4020333810	C9021 GV/20 XGM14
9	1	H-Lamellenpaket/ Conjunto de laminas	4020333810	POCAN T 7391 GF 45
8	1	V-Koppelstange/Barra de union	4020343810	POM C9021 XAP14
7	1	V-Lamellenpaket/ Conjunto de laminas	4020343810	PBT 30% Glasfaser
6	1	Drehbolzen/Acople	4020403810	PBT T06 202 unverstaerkt
5	1	Stange/Barra	4020393810	POM C9021 XAP14
4	1	Bedienrad/Rueda de mando	4020373810	PBT T06 200 unverstaerkt
3	1	Klappe/Tapa	4020413810	PP-TV20/TPE-V
2	1	Ringblende/Caratula	4020303813	ABS/PC T85
1	1	Gehaeuse/Carcasa	4020313810	ABS/PC T85
No: Qu: Description			TRW-No:	Material

Il·lustració 6. Especificaciones del fabricante.

Pese a esto, a continuación se muestran las características de este termoplástico justificando así su uso en el proyecto.

5.2 ABS/PC (Policarbonato/Acrilonitrilo-butadieno-estireno)

Después de ver la gran importancia del uso de plásticos tanto termoplásticos como termoestables dentro de la industria del automóvil, se procede a detallar el porqué del uso del ABS/PC en el diseño y producción de la carcasa del difusor.

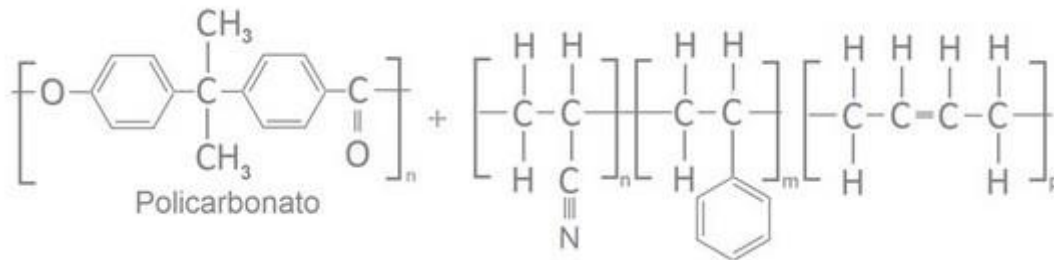


Ilustración 7. Componentes químicos que forman el ABS/PC.

5.2.1 PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS

El policarbonato/acrilonitrilo-butadieno-estireno, posee una alta rigidez y estabilidad a altas temperaturas. También cabe destacar su dureza y resistencia a gran variedad de químicos.

Gracias al butadieno presente en el ABS, este material posee tenacidad sin importar la temperatura de trabajo. Es por eso que mantiene su integridad tanto a temperaturas altas como bajas, mientras que otros materiales plásticos pierden dicha propiedad y se vuelven quebradizos.

Gracias a la unión de las propiedades de los bloques que forman el plástico, se obtiene un producto con mejores propiedades que la suma de todos los bloques.

A continuació, se exposen sus principales características físico-mecánicas:

Alargamiento en la rotura (%)	45
Coefficiente de fricción	0,654
Módulo de Young (MPa)	2300
Resistencia al impacto Izod (J/m^{-1})	200-400
Absorción de agua en 24 horas (%)	0.7
Densidad (g/cm^3)	1,07
Resistencia a la radiación	Aceptable
Resistencia a los ultravioletas	Alta

Tabla 1. Propiedades físico-mecánicas del ABS/PC (Siim and Co., S.L. «Propiedades físicas y mecánicas materiales»).

Destaca su baja contracción y gran estabilidad dimensional, es ideal para el diseño y generación de componentes de geometría y tolerancias cerradas.

5.3 CONCLUSIONES

Una vez observada la gran importancia del uso de materiales plásticos en la industria del automóvil para producir gran variedad de componentes, no sólo por sus buenas propiedades físicas y mecánicas, sino también por su facilidad de adquirir geometrías complejas, se concluye que se usará el termoplástico ABS/PC para definir la geometría y el proceso de inyección de la carcasa del difusor.

Esto se debe no sólo a una especificación técnica a seguir, sino que también queda respaldado por sus excelentes propiedades y cualidades. La decisión por tanto, complementa los estándares presentes en la industria del automóvil.

6. LA CARCASA

La carcasa se ha diseñado partiendo del conjunto de componentes que van dentro y fuera de ella así cómo los requerimientos presentes en el plano de despiece y el conjunto 3D proporcionado.

Para generar el modelo 3D con el que posteriormente generar el molde, se ha utilizado el software *Solidworks* y se ha modelado en su integridad acorde con las dimensiones estipuladas.

La pieza tiene una longitud total de 108,5 milímetros y un ancho total de 83,8 milímetros.

El espesor medio es de 2,5 milímetros. Esta decisión se adapta a los espesores nominales presentes en el ABS y PC que va de los 1,1 a 3,6 milímetros (Directrices para el diseño optimizado de piezas de plástico). En total la masa de la carcasa es aproximadamente 56,3 gramos.

La carcasa tiene una geometría cilíndrica compleja, dispone de gran cantidad de salientes, ranuras y huecos tanto en la parte exterior de ésta como en la interior.

Además, se ha tenido presente que los dos mecanismos de rejilla (vertical y horizontal) van colocados dentro de ésta por lo que se ha generado una geometría en el interior que permiten deslizar estos dos mecanismos previamente montados hasta su posición final.

Teniendo en cuenta que no hay ningún herraje para sustentar los componentes a la carcasa, ha sido imperativo que las medidas fueran las correctas, ya que en la mayoría

de casos donde hay un saliente o hueco, éstos sirven para guiar, posicionar y fijar (a presión) los diferentes componentes.

A continuación, se muestra el modelo 3D de la carcasa:

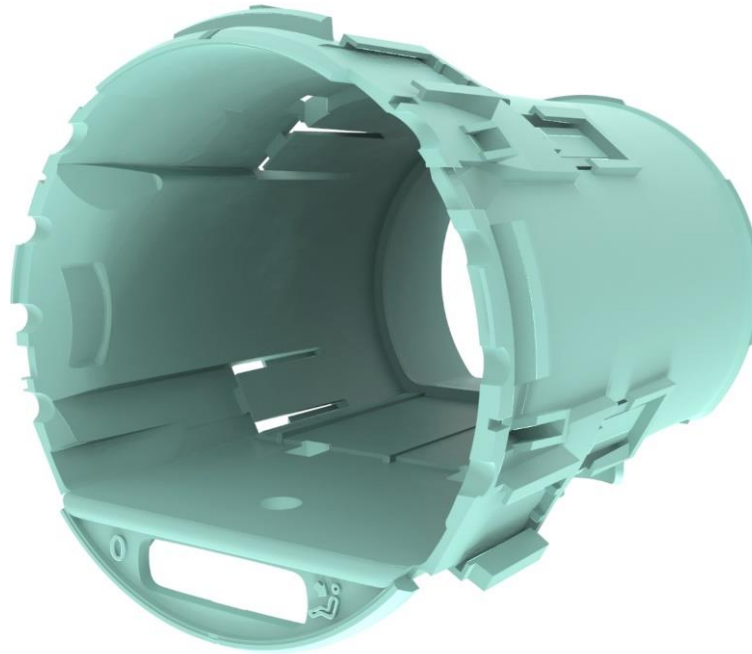


Ilustración 8. Renderizado de la carcasa del difusor.

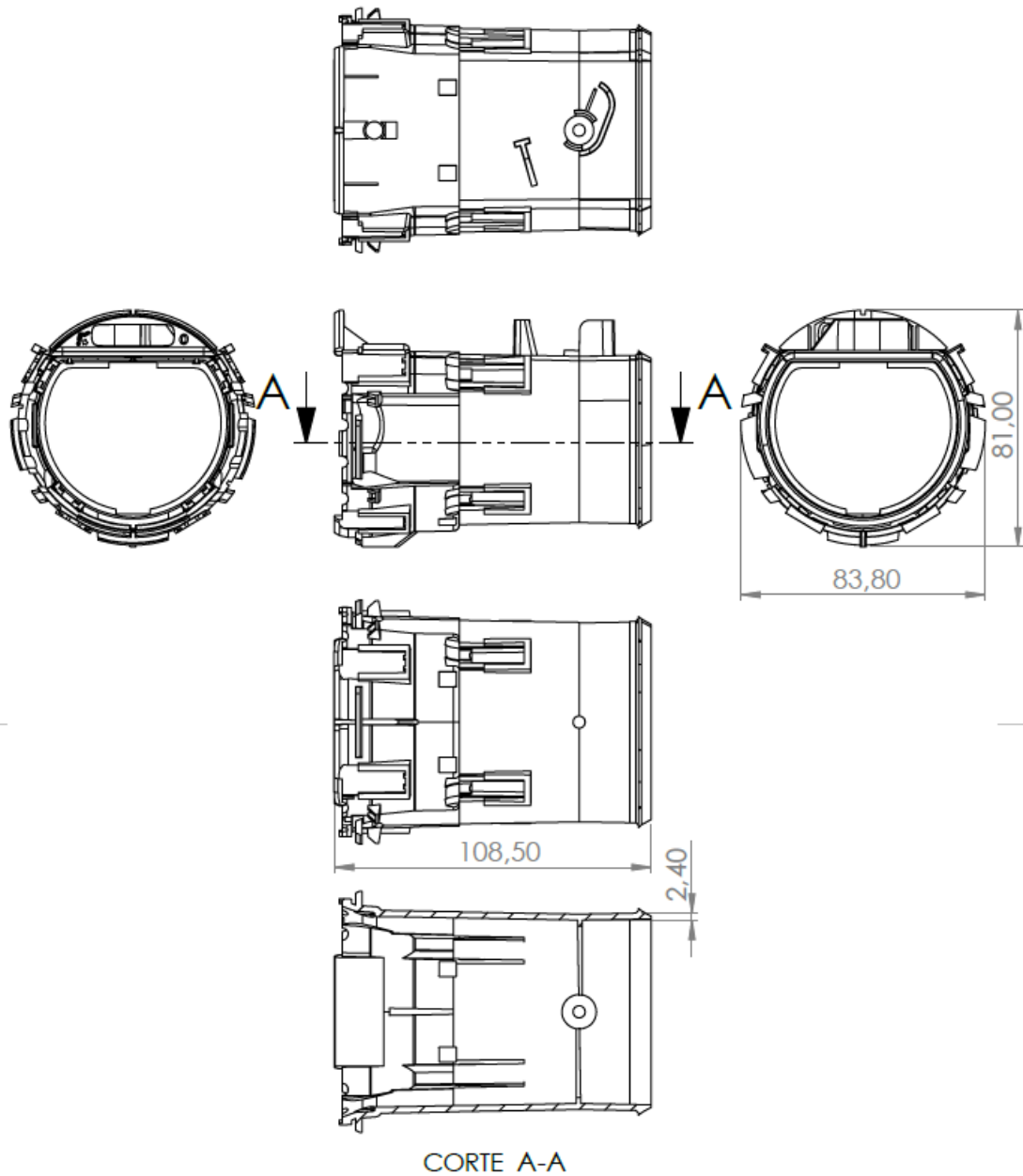


Ilustración 9. Principales vistas y medidas generales de la carcasa.

6.1 ANALISI GEOMETRICO

Para generar la carcasa, será necesario un molde con correderas. Dada la geometría que presenta la pieza, la parte interior será generada por dos postizos situados en las dos caras del molde, mientras que todo el perímetro exterior lo formarán un total de 8 correderas.

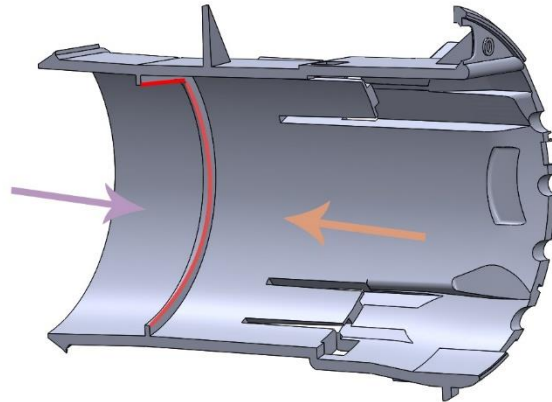


Ilustración 10. Vista del interior de la carcasa.

La línea de separación viene determinada por el saliente interno que presenta la carcasa, marcado en rojo en la Ilustración 10. Se puede observar que la geometría interna de la pieza permite que esta se pueda desmoldar de los postizos de manera lineal sin que ninguna parte de la carcasa se interponga. Es por dentro pues, por donde se inyectará el plástico.

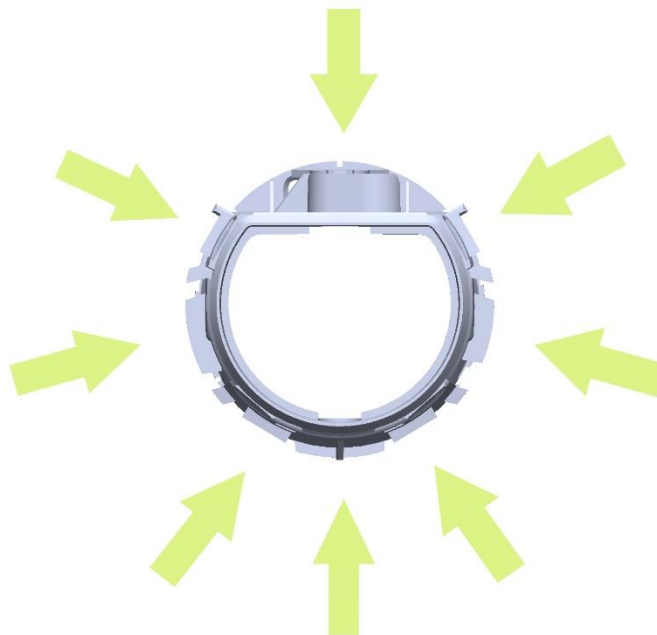


Ilustración 11. Esquema de las 8 correderas que forman el exterior de la carcasa.

6.2 PROTOTIPO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D

Una vez concluido el dimensionado y modelado 3D de la carcasa, se ha realizado la impresión 3D de ésta.

Se ha impreso el modelo en 3D debido a la ayuda enorme que proporciona para entender la geometría del componente. Debido a que en este proyecto se requiere generar el molde de inyección de la carcasa, tener a mano una representación física a escala 1:1 del componente hace que el análisis de la pieza y por ende el diseño del molde y de todos sus mecanismos sea más eficiente y rápido.

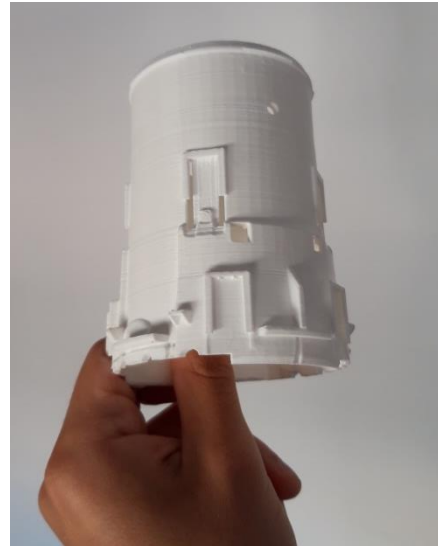


Ilustración 12. Carcasa impresa en 3D.

Para generar la carcasa mediante impresión 3D se ha utilizado el modelo 3D en archivo de malla y se ha impreso usando PLA con una altura entre capa de 0,15 milímetros. Debido a que la impresión 3D utilizada es la de depositado de material fundido, las medidas finales del prototipo varían del orden de ± 0.2 milímetros. Pese a esto, se obtiene una pieza prácticamente idéntica a la original.

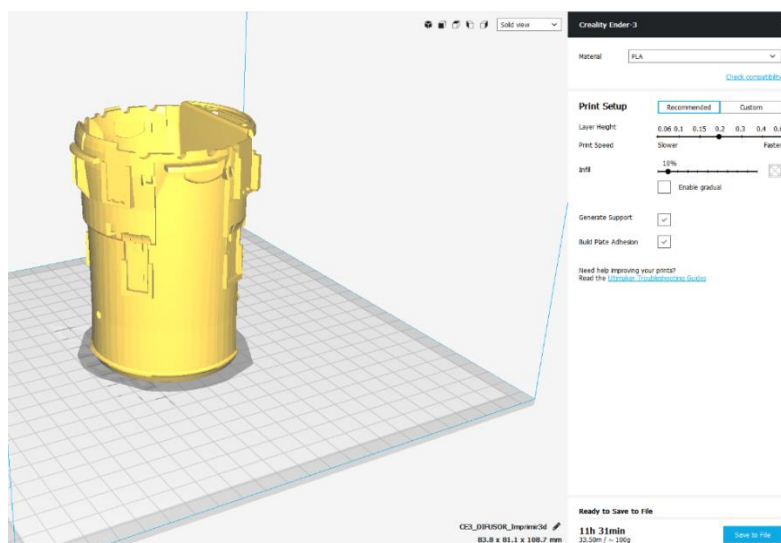


Ilustración 13. Parámetros de la impresión 3D.

7. INYECCIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS Y SUS RESTRICCIONES

A continuación se describirán de manera resumida las fases por las que pasará la generación de la carcasa para entender y poder diseñar correctamente el molde.

En todo proceso de inyección de plástico existen varias etapas:

1. **Cierre del molde:** En esta etapa el molde se cierra herméticamente, gracias a una máquina externa que une las dos placas guiadas cuyas cavidades forman el negativo de la pieza.
2. **Inyección:** en esta etapa se distinguen dos sub procesos, el de llenado y el de mantenimiento.
 - En el proceso de llenado, un husillo lleno del material plástico fundido inyecta a presión dicho material dentro de la cavidad del molde. La duración del proceso de llenado o inyección viene determinada por la cantidad de material que forma la pieza, las características del material y la geometría a llenar. Dentro de este proceso intervienen tres variables:
 - La presión de inyección
 - La velocidad de inyección
 - La temperatura del material fundido
 - En el proceso de mantenimiento se asegura que el molde esté totalmente lleno de material. Una vez se ha inyectado el plástico la presión en el interior del molde empieza a decrecer a medida que el plástico se enfría, al enfriarse se contrae, por lo que es necesario inyectar más material hasta que la cavidad está completamente llena. Una vez la presión ha caído a la presión del entorno se considera que la fase de mantenimiento ha concluido.
 - Tiempo de mantenimiento de la segunda presión.
 - La temperatura del molde.
 - Nivel de presión de mantenimiento.
 - Ajuste del tiempo de mantenimiento

3. **Plastificación:** Para acelerar el tiempo de ciclo, en esta etapa el husillo gira para que el material pase de la tolva a la cámara de inyección todo esto a la vez que la pieza se enfría dentro del molde.
4. **Apertura del molde y expulsión:** Una vez la pieza tiene la temperatura adecuada, el molde se abre y un sistema de expulsores empujan la pieza fuera de la cavidad.

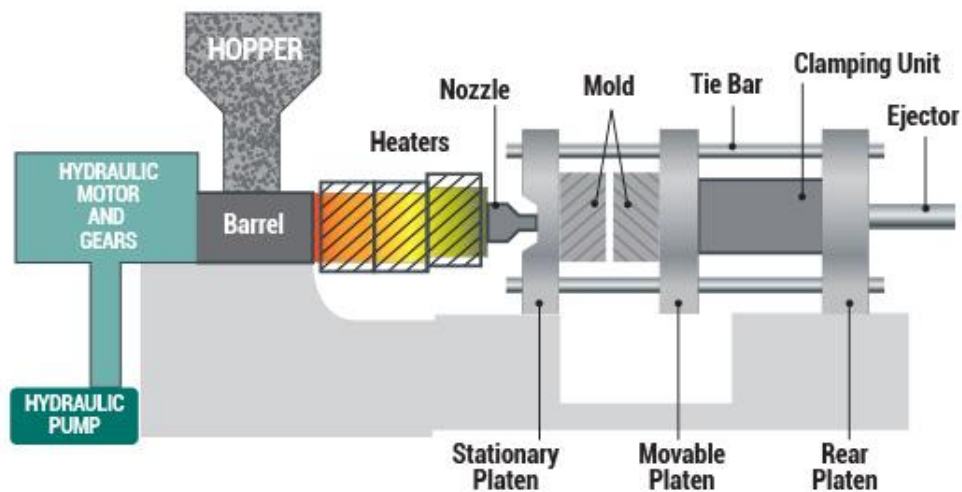


Ilustración 14. Esquema de las principales partes del sistema inyector. (Davies Molding).

En cualquier proceso de inyección de plástico hay que tener en cuenta diferentes restricciones:

Primeramente, tenemos las dimensiones del componente a fabricar ya que la pieza tiene que ser producible por lo que su geometría deberá ser acorde.

Seguidamente tenemos el peso de la pieza, es una característica importante ya que define la cantidad de material por ciclo, el coste energético, la refrigeración y correcta expulsión de ésta.

También es importante tener en cuenta el tiempo de ciclo, que deberá ser lo más bajo posible para disminuir costes y aumentar la productividad. Y finalmente el consumo de energía del proceso, que repercute directamente al costo de producción.

7.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INYECCIÓN DEL ABS/PC

Tal y como se ha definido anteriormente el material a inyectar es el ABS/PC. Por tanto, es necesario conocer las características necesarias para poder realizar los cálculos que aseguren un correcto proceso de inyección de este material para generar la carcasa.

Las variables que definen el correcto proceso de inyección del ABS/PC y que se extraen del *CAMPUS plastics data bank* que sigue la norma ISO 10350 son las siguientes:

Temperatura del molde	70C°
Temperatura de la tolva	150C°
Temperatura del material fundido (masa) ISO 294	230C°
Temperatura de desmoldeo	100C°
Presión de inyección	986 bar
Fuerza de cierre del molde (<i>calculada en el apartado 12</i>).	50,38 T
Velocidad de inyección ISO 294	240mm/s
Velocidad del usillo	50 a 70 rpm

Tabla 2. ABS/PC Propiedades. CAMPUS plastics data bank ISO 10350

Cabe destacar que los parámetros como la temperatura se consideran constantes para hacer los cálculos del apartado 12 todo y que en la realidad pueden variar ligeramente.

8. DISEÑO DEL MOLDE

A continuación, se expone el análisis y las decisiones que se han seguido para el diseño del molde de inyección.

En el plano aportado por el director del proyecto se describen ciertas especificaciones técnicas importantes a tener en cuenta al diseñar el molde de inyección. Se destaca que la superficie visible de la carcasa no debe contener defectos (producidos por líneas de separación o expulsores). Por lo que más adelante se detalla las decisiones tomadas para minimizar dichos defectos.

Lineas y puntos no acotados deben tomarse de los datos CAD
Nicht bemasste Linien und Punkte sind dem Datensatz zu entnehmen

La superficie visible de la pieza debe estar libre de defectos
Das Teil muss fehlerfrei in sichtbaren Bereichen sein

Las separaciones de molde deben estar libre de rebabas
Formtrennungen gratfrei

Radios R interiores no acotados 0.5 ± 0.2
Nicht bemasste Innenradien 0.5 ± 0.2

Angulo admisible de desmoldo $0.5^\circ + 0.5^\circ$
Entformungsschraege zul. $0.5^\circ + 0.5^\circ$

Ilustración 15. Especificaciones técnicas.

El molde tiene la característica de poseer dos postizos en ambas placas (lado fijo y lado móvil), cuya función será la de generar el interior de la carcasa una vez el molde se cierre. Además por el interior del postizo del lado fijo ira el casquillo del bebedero ya que el punto de inyección se encuentra dentro de la carcasa.

Otro aspecto importante y que complica el molde es la presencia de 8 correderas que se deslizan radialmente a la carcasa con la finalidad de generar el exterior de ésta.

Las correderas son únicas ya que cada una de ellas tiene una geometría diferente. El exterior de la pieza es simétrico verticalmente por lo que de las 8 correderas, realmente 5 son distintas y las otras 3 son una simetría vertical.

Para poder exponer de forma ordenada las diferentes partes, piezas y decisiones tomadas, se separa el apartado de diseño del molde en varios sub-apartados;

- Ubicación de la pieza
- Postizos
- Sistema de alimentación
- Sistema de correderas
- Sistema de expulsión
- Sistema de refrigeración
- Sistemas de seguridad
- Añadidos

8.1 UBICACIÓN DE LA PIEZA

Una vez definida la línea de separación del molde (marcada en rojo), podemos concluir que la línea de partición de este molde cumple con los siguientes objetivos descritos en (Soto M. S., Introducción a los moldes).

- La línea de partición queda un lugar no visto.
- La salida de las correderas es perpendicular al plano de partición
- Queda definida en un borde de la pieza
- Da la máxima salida minimizando al máximo el número de negativos y favoreciendo el desmoldeo.

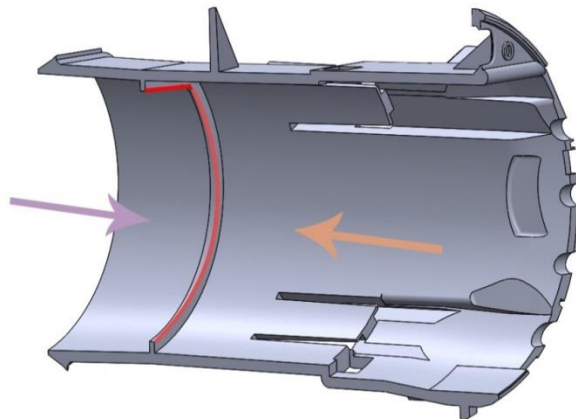


Ilustración 16. Vista del interior de la carcasa.

8.2 POSTIZOS

Existen dos postizos que se fijan a las placas del molde mediante cuatro tornillos DIN 912 por la parte posterior gracias a un saliente de geometría cuadrada. La idea es mecanizar circularmente las dos placas con las dimensiones de cada uno de los postizos para posteriormente fijarlos en su posición, evitando su rotación gracias al saliente cuadrado.

Con esto se consigue mayor facilidad en caso de tener que substituir algún postizo, facilidad de mantenimiento del molde y mayor facilidad al mecanizar los postizos pues se parte de un bloque de acero externo y no de la propia placa del molde.

La geometría de dichos postizos viene determinada en su totalidad por la geometría interna de la carcasa del difusor. Por tanto el modelo 3D ha partido de la base de las dimensiones de la carcasa y se han generado ambos postizos delimitados por la línea de partición vista anteriormente. Ambos postizos son macizos en su interior, echo que ayudará a definir el sistema de refrigeración que se muestra más adelante.

El postizo presente en la placa fija del molde tiene la característica de ser liso en su exterior y posee dos mecanizados cilíndricos que permiten generar dos orificios donde se ancla el ala encargada de dejar pasar el aire a través del interior del difusor. En este postizo va ubicado el casquillo del bebedero encargado de llevar el ABS/PC fundido hasta los canales de alimentación. El postizo contiene un saliente circular que se ha diseñado para poder albergar los taladros de refrigeración.

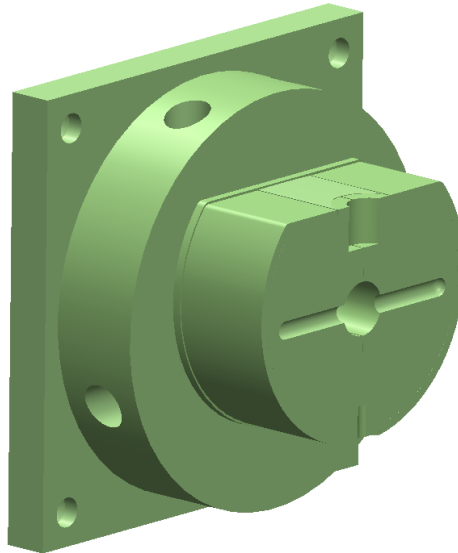


Ilustración 17. Postizo de la placa fija.

El postizo presente en la placa móvil tiene una geometría más compleja pues su exterior está formado por varios salientes y negativos. Esto se debe a la necesidad de que el interior de la carcasa debe albergar otros componentes como el sistema de rejilla vertical y horizontal, el aro embellecedor y varias pestañas que permiten fijar la carcasa al salpicadero del vehículo. *Ilustración 10. Vista del interior de la carcasa.*

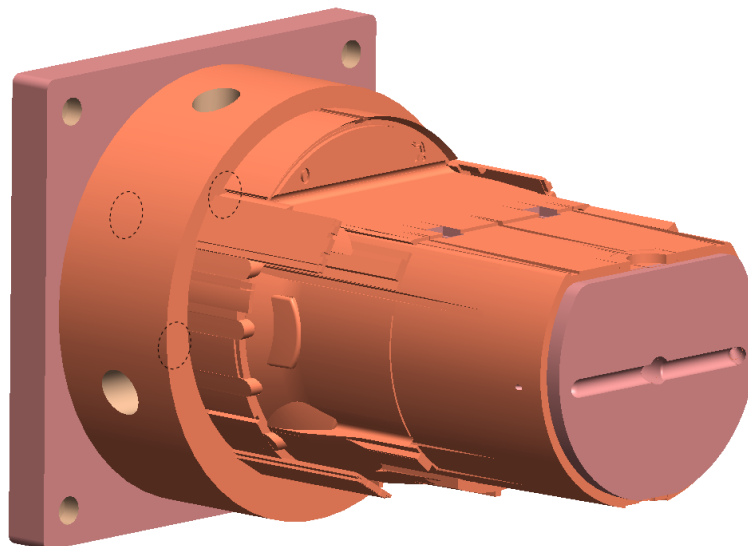


Ilustración 18. Postizo de la placa móvil.

Como se ha visto anteriormente, el interior de la carcasa permite que este postizo se pueda deslizar linealmente sobre ésta, para así poder expulsarla sin conflictos.

8.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El molde presenta un bebedero de orificio cónico por donde se inyecta el ABS/PC fundido. Para ayudar a la boquilla a inyectar correctamente el material, el molde posee un disco de centrado que orienta de forma automática la entrada del bebedero con la punta de la boquilla.

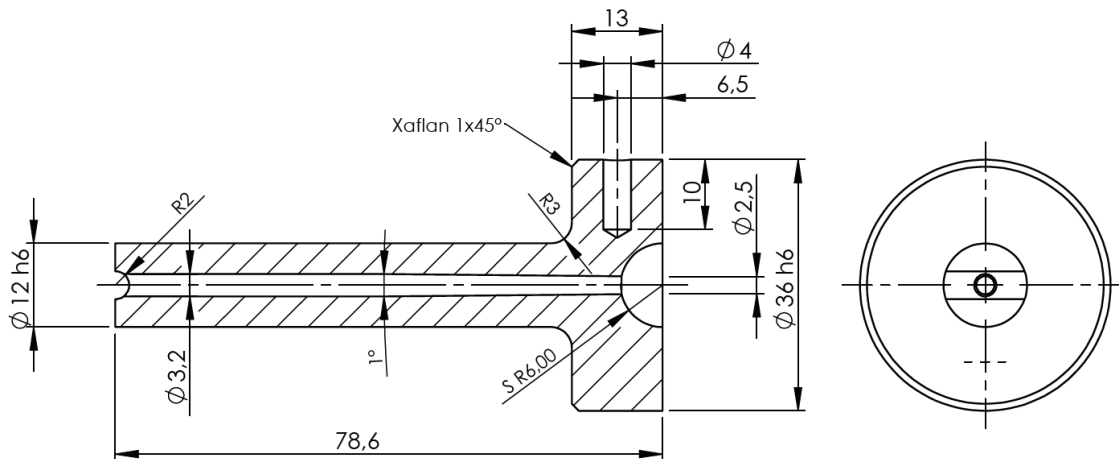


Ilustración 19. Corte vertical del casquillo bebedero.

Se han definido dos canales que salen radialmente de forma simétrica desde la boquilla del bebedero. Dada la simetría vertical que presenta la pieza, se ha considerado hacer dos entradas para que el llenado sea eficiente y suficiente. Estos canales son rectos y de diámetro constante (4 milímetros) para asegurar que la cavidad del molde se llene de forma homogénea y simultánea.

Además se ha decidido que el canal tenga una sección circular, por lo que es necesario mecanizar ambos postizos del molde. Pese a elevar el coste, esta decisión ayuda a la eficiencia en el proceso de inyección y asegura un buen rendimiento del molde. Las características principales de este tipo de canal son las siguientes: (Soto M. S., Introducción a los moldes).

- Tiene la menor superficie relativa a la sección transversal.
- Minimiza las pérdidas de calor y fricción.
- Solidifica más tarde, lo permite aplicar la segunda presión durante más tiempo.

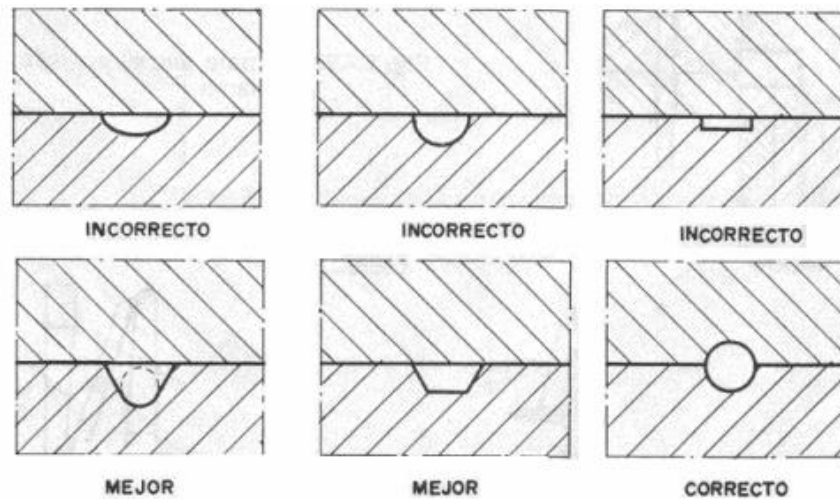


Ilustración 20. Diferentes perfiles de los canales.

El diámetro de 4 milímetros se ha extraído de la siguiente fórmula y se corrobora con la tabla mostrada a continuación:

$$D' = S_{max} + 1,5 \text{ milímetros}$$

Ecuación 1. Dimensionado de los canales.

Dónde la sección máxima de la pieza es de 2,5 milímetros y el peso es de aproximadamente 57 gramos.

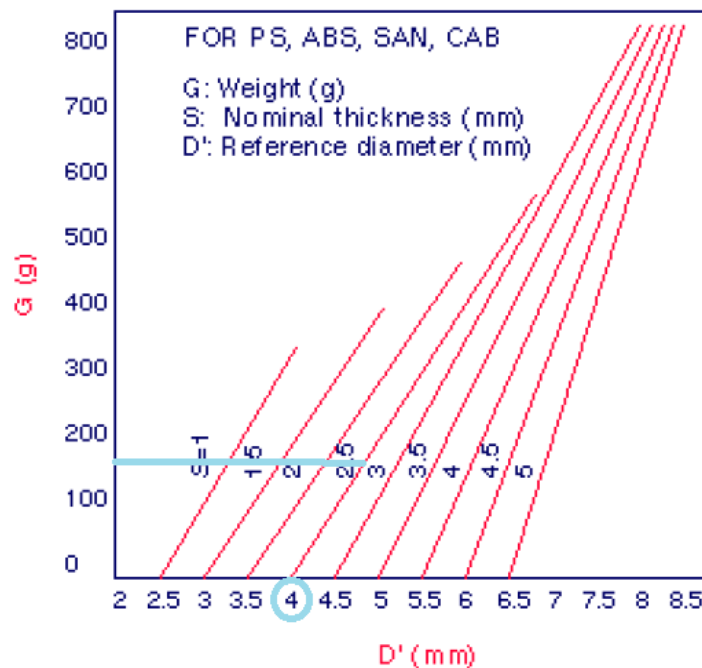


Ilustración 21. Tabla para el dimensionado de los canales .Introducción a los moldes.

Se ha escogido la localización de los dos puntos de inyección en el interior de la pieza, más concretamente en la superficie que presenta una sección de mayor grosor. Con esta decisión se asegura que el material pueda fluir desde el lugar de mayor grosor hasta aquellos de menor grosor.

Para las entradas, se ha decidido implementar entradas submarinas a un ángulo de 40° . Se trata de un túnel de sección cónica que se inicia en el final del canal de alimentación y acaba en la arista de corte. Éste tipo de entrada permite que la colada pueda expulsarse y al hacerlo, ésta quede separada de la carcasa en cuestión. Además deja un buen acabado superficial en la pieza inyectada.

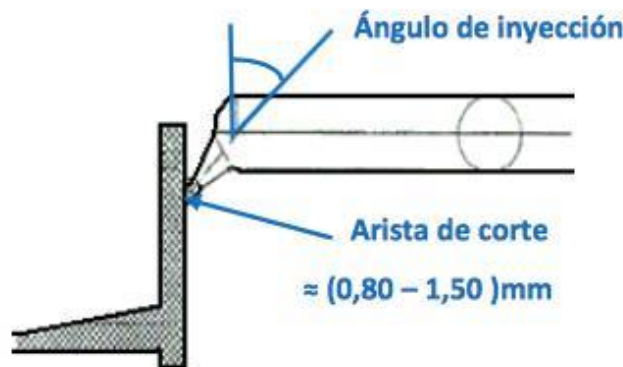


Ilustración 22. Arista de Corte y ángulo de inyección Docplayer.es.

Las entradas se encuentran mecanizadas en el postizo del lado móvil, con esto se consigue que al separar el molde una vez se ha inyectado y enfriado el material, la colada quede en el lado móvil unida a la pieza y al postizo hasta que el sistema expulsor de la colada actúa en la primera de las dos etapas y ésta se separa de la pieza. Dicha partición ocurre dada la naturaleza geométrica de la entrada submarina y el diámetro reducido de la entrada/arista de corte con respecto al de los canales, en este caso el diámetro es de 1,1 milímetros.

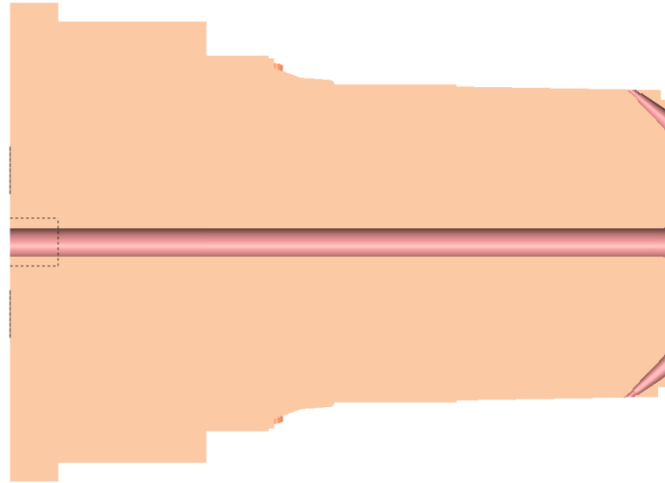


Ilustración 23. Canales y entradas submarinas en el postizo del lado móvil.

En las siguientes ilustraciones se pueden observar los dos canales y las entradas mecanizados en el postizo de la placa móvil y fija. El canal central es por donde se desliza el expulsor de la colada (no presente en ambas ilustraciones).

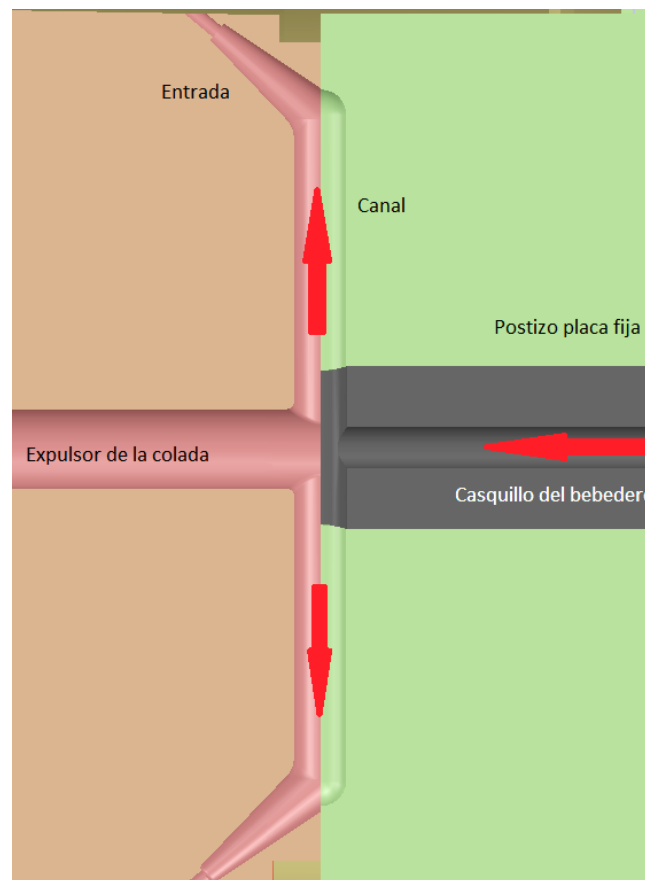


Ilustración 24. Esquema del sistema completo de alimentación.

8.4 SISTEMA DE CORREDERAS

El molde presenta 8 correderas accionadas por un sistema de guiado presente en la placa fija y de orificio en cada una de las correderas.

El sistema de guiado funciona gracias un ángulo de 14 grados respecto la horizontal. Esta decisión se ha tomado después de analizar el recorrido necesario para generar la carcasa y la distancia que deben separarse las correderas de esta para permitir una correcta expulsión.

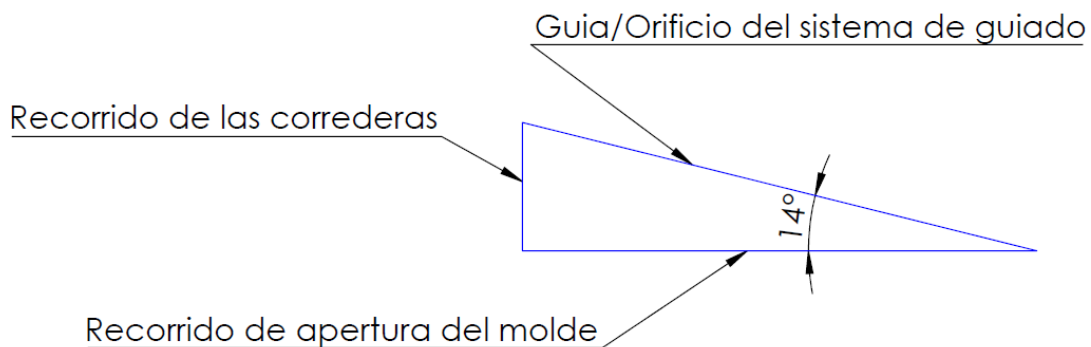


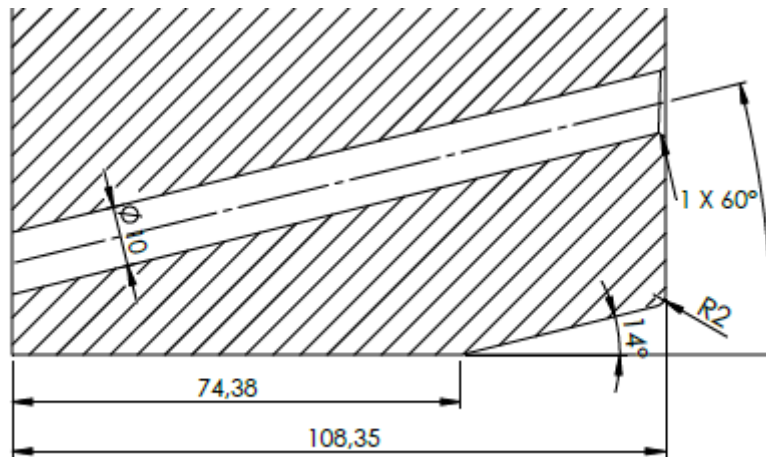
Ilustración 25. Esquema del sistema de expulsión.

Los cálculos han tenido en cuenta la separación del molde al abrirse y la distancia que recorren las correderas, se ha aplicado trigonometría para extraer el ángulo.

$$\text{Ángulo} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Recorrido Correderas}}{\text{Recorrido Molde}} \right) = \left(\frac{30\text{mm}}{120\text{mm}} \right) = 14^\circ$$

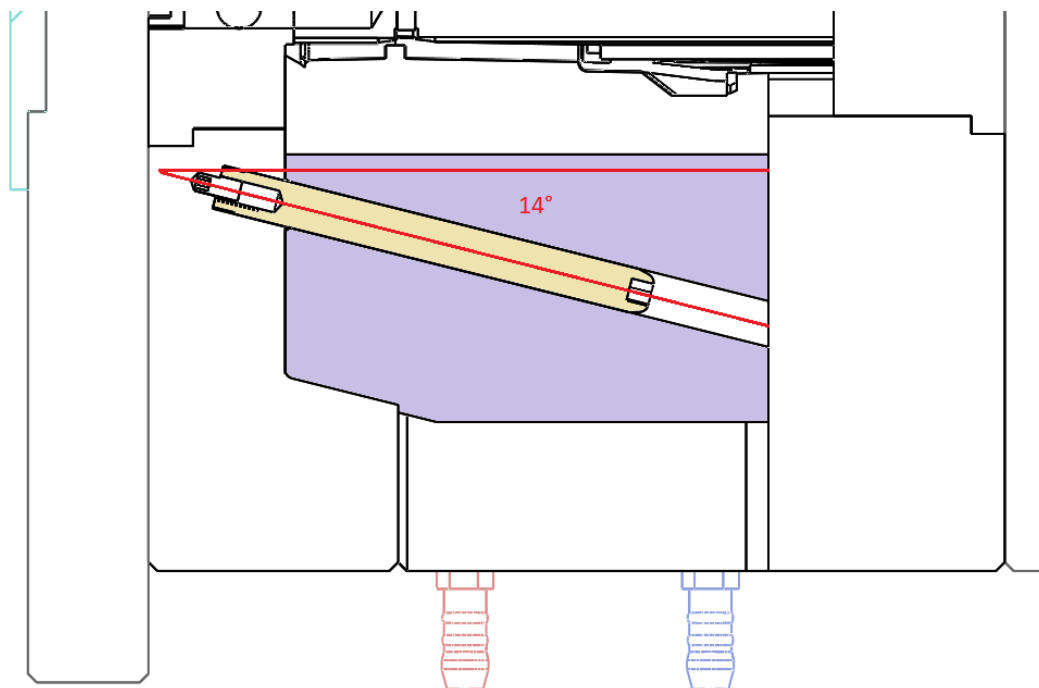
Ecuación 2. Cálculo del ángulo del sistema de correderas.

Pese a que las correderas tienen geometrías distintas, la distancia que se separan de la pieza se considera la misma, estos 30 milímetros, ya que actúan radialmente.



Il·lustració 26. Corte de una corredera. Se observa el taladro de la guía a 14°.

Para guiar el sistema se han escogido las guías inclinadas de 10 milímetros de diámetro presentes en el catálogo de HASCO, estas vienen mecanizadas con el acabado superficial adecuado y además presentan un sistema de fijación roscado. Para instalarlas es necesario mecanizar la placa fija con un taladro al diámetro de la guía y otro taladro roscado M5 donde se rosca mediante un esparrago la guía a la placa. Este sistema permite la fijación rápida evitando otras piezas y utilizando dos mecanizados.



Il·lustració 27. Corte, sistema de correderas del molde.

Para limitar el recorrido de las correderas, se ha utilizado un sistema de posicionado de bola. Este sistema, proporcionado por HASCO consiste en un inserto, cuyo interior posee un muelle que empuja una esfera metálica. La corredera incorpora un mecanizado de media esfera de manera que cuando el molde se separa y las correderas retroceden hay un momento en que la bola encaja con el mecanizado de la corredera evitando que esta siga deslizándose.

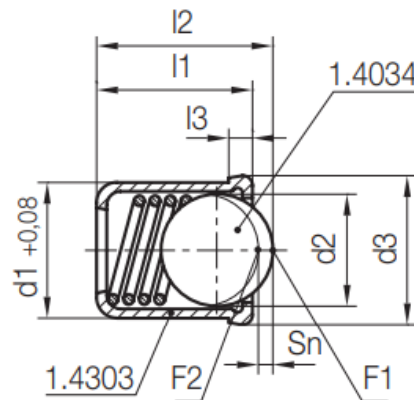


Ilustración 28. Posicionado de bola. HASCO

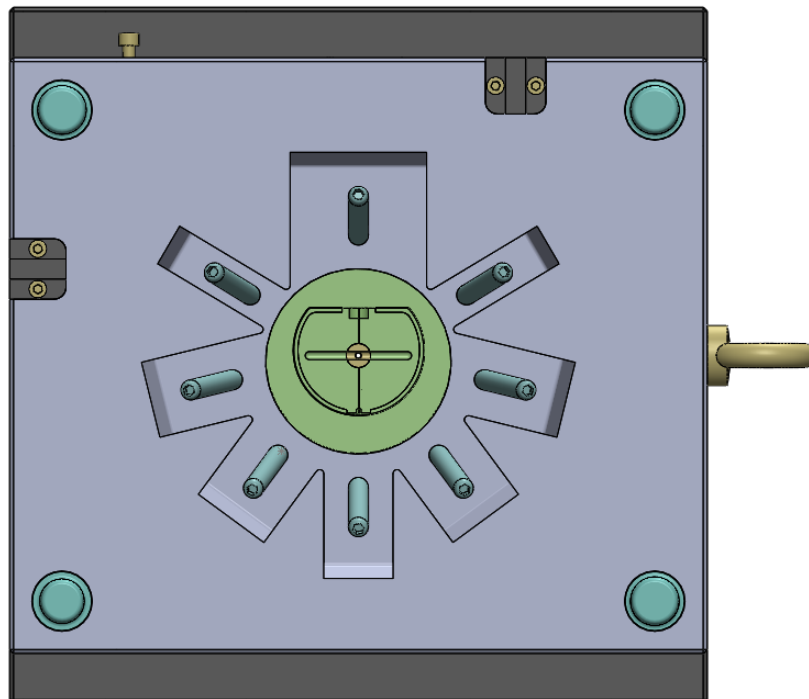


Ilustración 29. Sistema de correderas, guías en la placa fija.

Para poder adecuar las correderas en la placa móvil, ha sido necesario mecanizar los 8 canales guiados por los que se deslizan. El ángulo de cada mecanizado viene determinado por la posición que debe ocupar cada una de las correderas.

Estos mecanizados son simétricos verticalmente ya que el exterior de la carcasa también lo es.

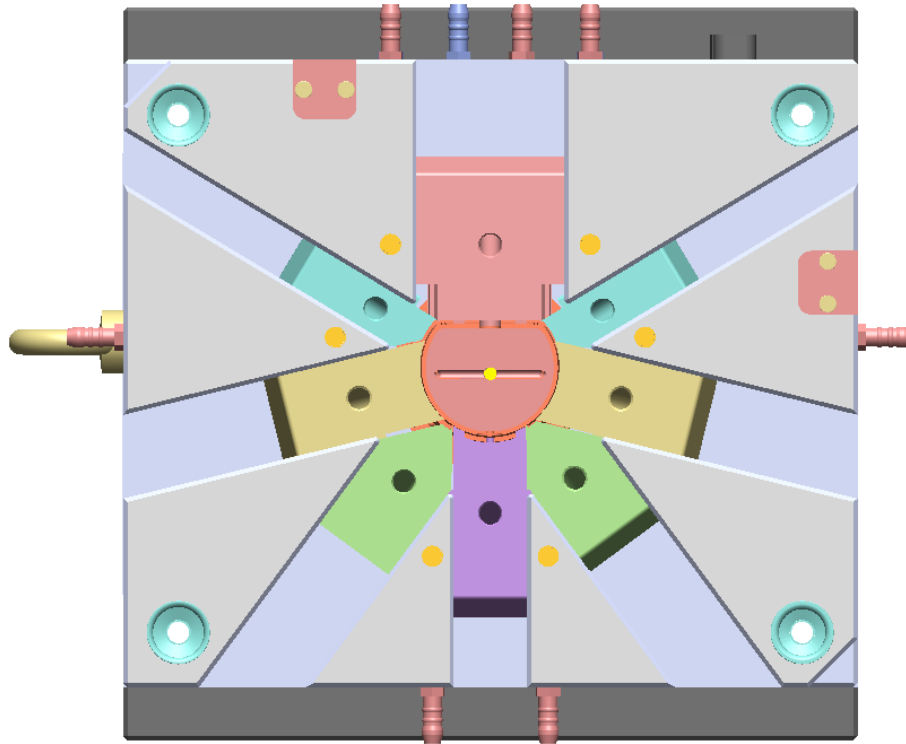


Ilustración 30. Distribución de las correderas en la placa móvil.

8.5 SISTEMA DE EXPULSIÓN

Para asegurar que tanto la colada como la pieza se extraen del molde correctamente, se ha implementado un sistema de expulsión por expulsores cilíndricos macizos. Este sistema actúa en dos etapas, primeramente se actúa el expulsor de la colada, que consiste en un único expulsor situado en el centro de los canales de alimentación y del final del canal del bebedero. Este expulsor es cilíndrico de sección constante al cual se le mecaniza el extremo con una forma de cuña. Con esto se consigue que al separar el molde, la colada quede “cogida” por el expulsor y por tanto quede en la placa móvil hasta su expulsión.

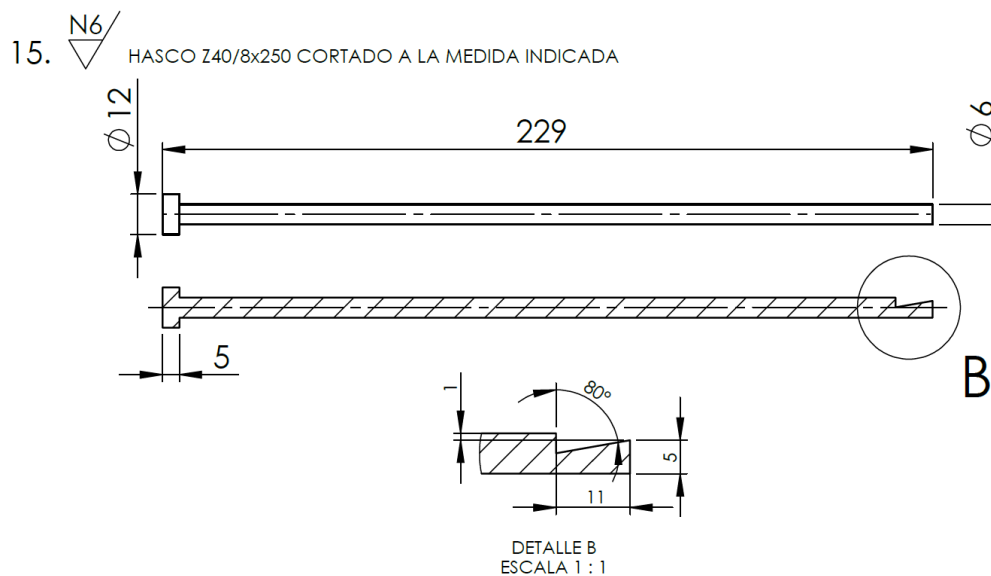


Ilustración 31. Dimensión del expulsor de la colada.

Una vez se ha expulsado la colada, actúan los expulsores de la pieza. En total hay 7 (marcados en rojo) y se han situado en caras planas de la pieza, de manera simétrica y en lugares donde no serán vistas las marcas que puedan dejar o donde haya que colocar otras piezas. Como la carcasa incorpora un anillo embellecedor alrededor del frontal, se ha decidido situar los expulsores en esta zona que posteriormente quedará cubierta. El recuadro azul muestra la zona que no queda cubierta por el embellecedor y que por tanto no debe tener ningún tipo de marca superficial (ver Ilustración 15. Especificaciones técnicas.).

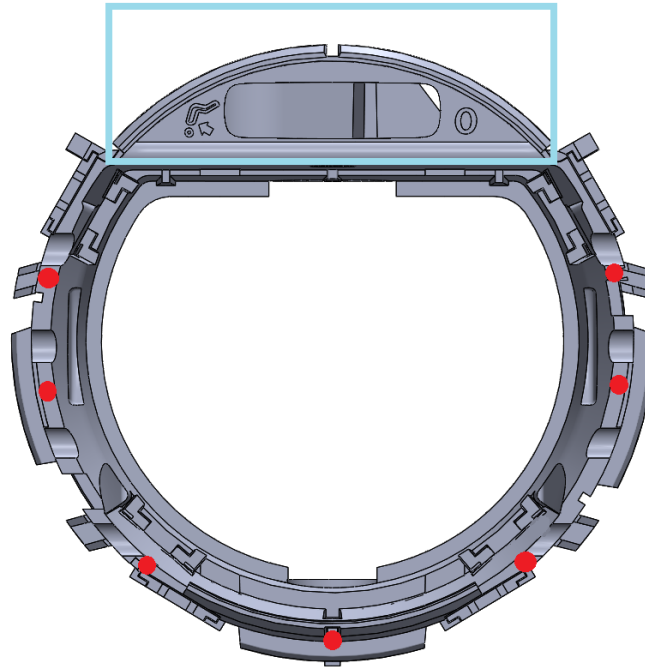


Ilustración 32. Esquema, posición de los expulsores de la pieza.

Estos expulsores provistos por HASCO tienen un diámetro variable que va de 2 milímetros a 1 milímetro. Con esto se consigue que el orificio presente tanto en la placa de expulsión como en el sistema de expulsión de la colada tenga un diámetro mayor y su guiado sea más efectivo. En el extremo que toca con la pieza, el diámetro es de 1 milímetro. Este diámetro maximiza la superficie de contacto con la pieza sin llegar a ser más ancho que el espesor de esta.

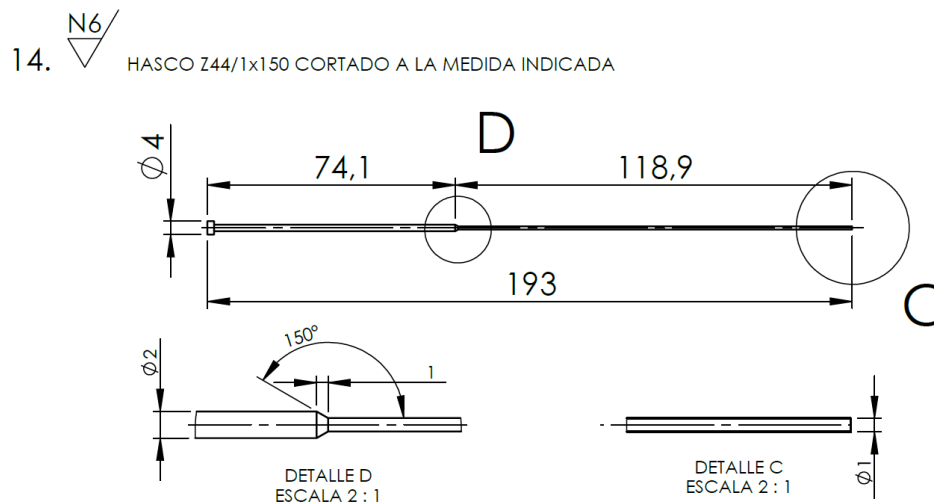


Ilustración 33. Dimensiones de los expulsores de la pieza.

Para guiar los dos sistemas expulsores formados por dos placas cada una, se han incorporado 4 columnas guía y unos casquillos guía en las placas de los expulsores para asegurar que el sistema pueda deslizarse correctamente y sin desajustes.

Para accionar sistema de expulsión de dos etapas se ha decidido mecanizar el molde para que pueda incorporarse un expulsor neumático provisto por HASCO cuya misión es precisamente la que necesita el molde. Se trata de dos pistones accionados individualmente con una carrera máxima de 80 milímetros. Para poder acoplar este expulsor de doble etapa se ha mecanizado la placa fija con una serie de taladros que permiten fijar este dispositivo.

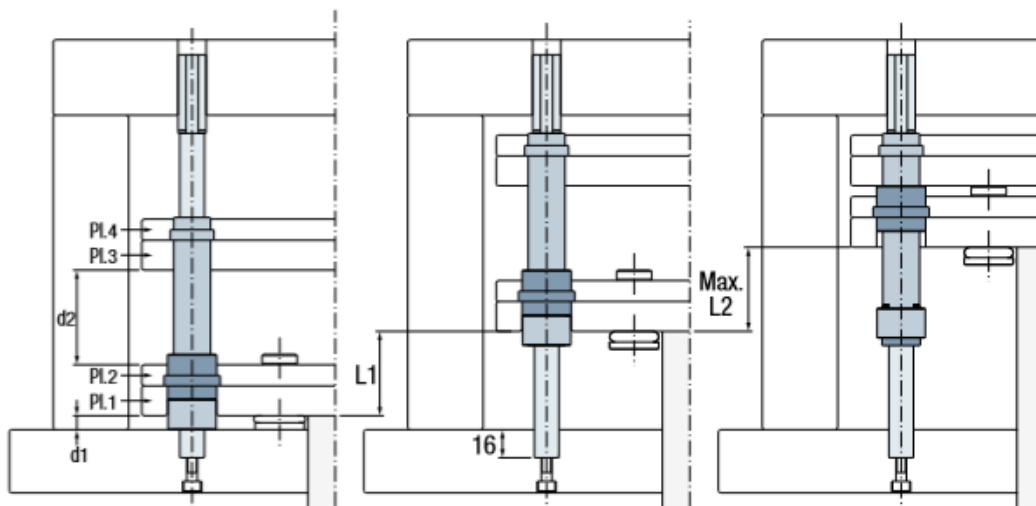


Ilustración 34. Esquema de la doble expulsión. Techno Injection & Tools



Ilustración 35. Expulsor de doble etapa. HASCO.

Por tanto para poder incorporar este expulsor de doble etapa, se ha mecanizado la placa de fijación 2 con los 6 taladros roscados donde anclar el expulsor neumático. Y se han mecanizado los taladros necesarios en las placas de expulsión.

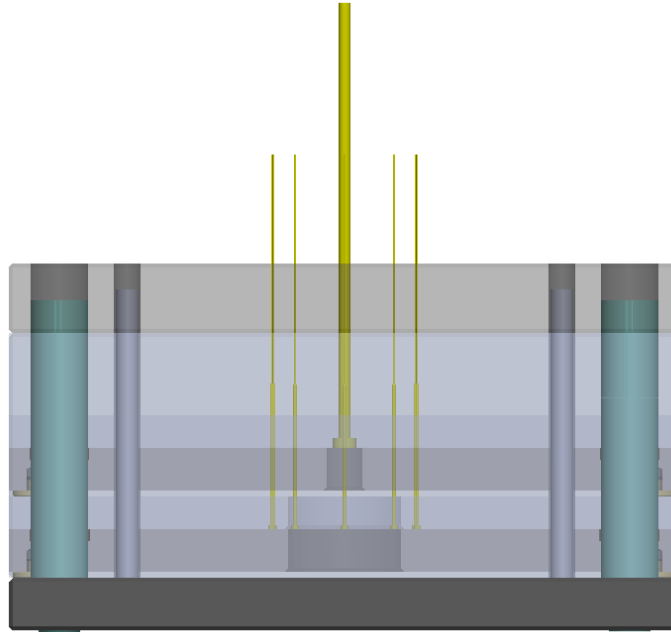


Ilustración 36. Sistema de expulsión de dos etapas.

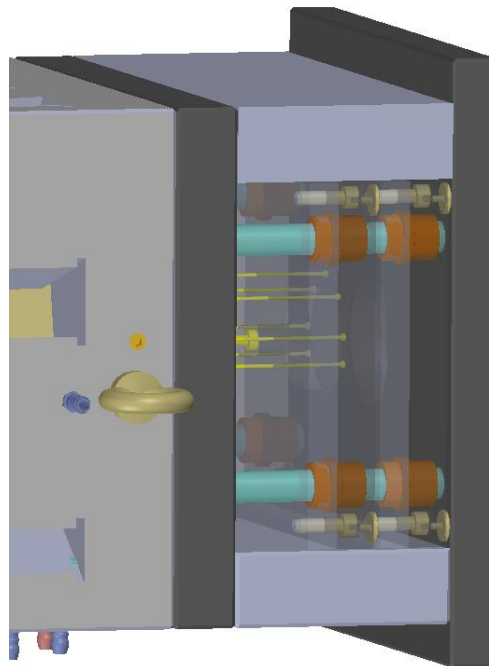


Ilustración 37. Sistema de guiado de las placas expulsoras.

Se puede observar que el cilindro empuja por la zona marcada en rosa el expulsor de la colada en la primera etapa. Seguidamente se empuja por la zona roja los 7 expulsores de la pieza. Con este sistema se asegura que el proceso de expulsión sea consistente y dependa únicamente de un elemento externo.

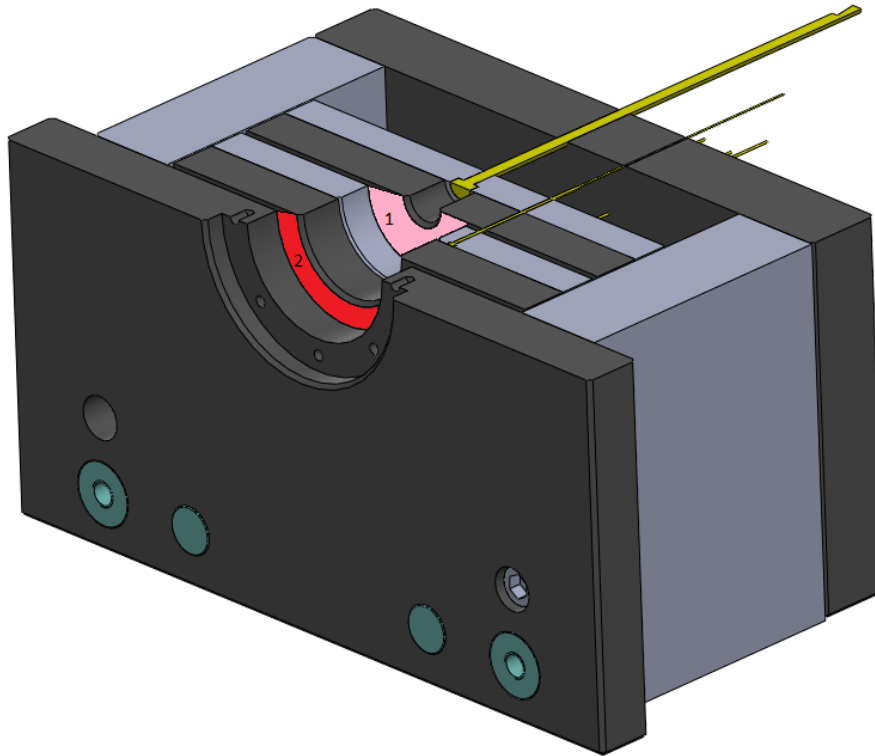


Ilustración 38. Expulsión.

8.6 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Para refrigerar el molde es necesario crear un circuito por el que entra un líquido frío, en este caso agua, cuya misión es la de absorber energía calórica presente en el molde y circular hacia una salida. Con este circuito se consigue enfriar el molde en cada ciclo, permitiendo un correcto proceso de inyección. A continuación se detalla el cálculo del tiempo total de enfriamiento y de la cantidad de agua necesaria para el correcto enfriamiento del molde así como el sistema implementado en el molde del proyecto.

8.6.1 TIEMPO DE ENFRIAMIENTO

Los cálculos efectuados para determinar el tiempo de enfriamiento se encuentran en el apartado 12.1.1 dentro de ANEXOS.

Una vez aplicadas las ecuaciones de Fourier se obtiene que el tiempo de enfriamiento sea de un mínimo de 6,05 segundos por ciclo.

8.6.2 CALOR A DISIPAR Y CANTIDAD DE FLUIDO NECESARIO

Para determinar la cantidad de agua que se necesita para disipar el calor, primeramente cabe determinar la cantidad de energía calorífica (Q) a disipar. Para ello se utiliza la fórmula que relaciona la entalpía específica del ABS/PC en relación con el tiempo de enfriamiento T_k y la masa de ABS/PC a inyectar. Los cálculos detallados una vez más se pueden encontrar en el apartado 12.1.2 dentro de ANEXOS.

Una vez aplicadas las formulas se extrae un caudal másico de 2,97 gramos de agua por cada segundo de enfriamiento.

8.6.3 REFRIGERACIÓN DE LOS POSTIZOS

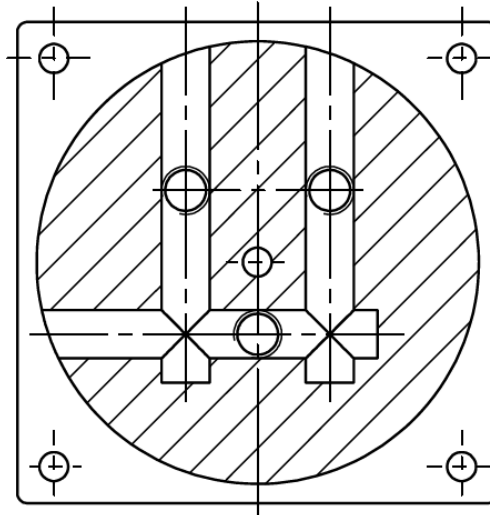
Para refrigerar los postizos, se ha decidido mecanizar canales rectilíneos de un diámetro de 10 milímetros (ver Ilustración 39). Primeramente se sopesó la idea de utilizar un mecanizado circular por el exterior del postizo, pero el reducido tamaño, la longitud y la complejidad geométrica del postizo (salientes, orificios y entrantes) supuso descartar esta opción. En cualquier caso y dada la necesidad de refrigerar el postizo, el sistema decidido consiste en tres orificios longitudinales al postizo obturados en sus extremos (marcados en la ilustración 41 cómo: 1, 2, 3).

Espesor pieza (mm)	Diámetro canal (mm)
<2 mm	6-8-10 mm
2-4 mm	10-12 mm
4-6 mm	12-15 mm

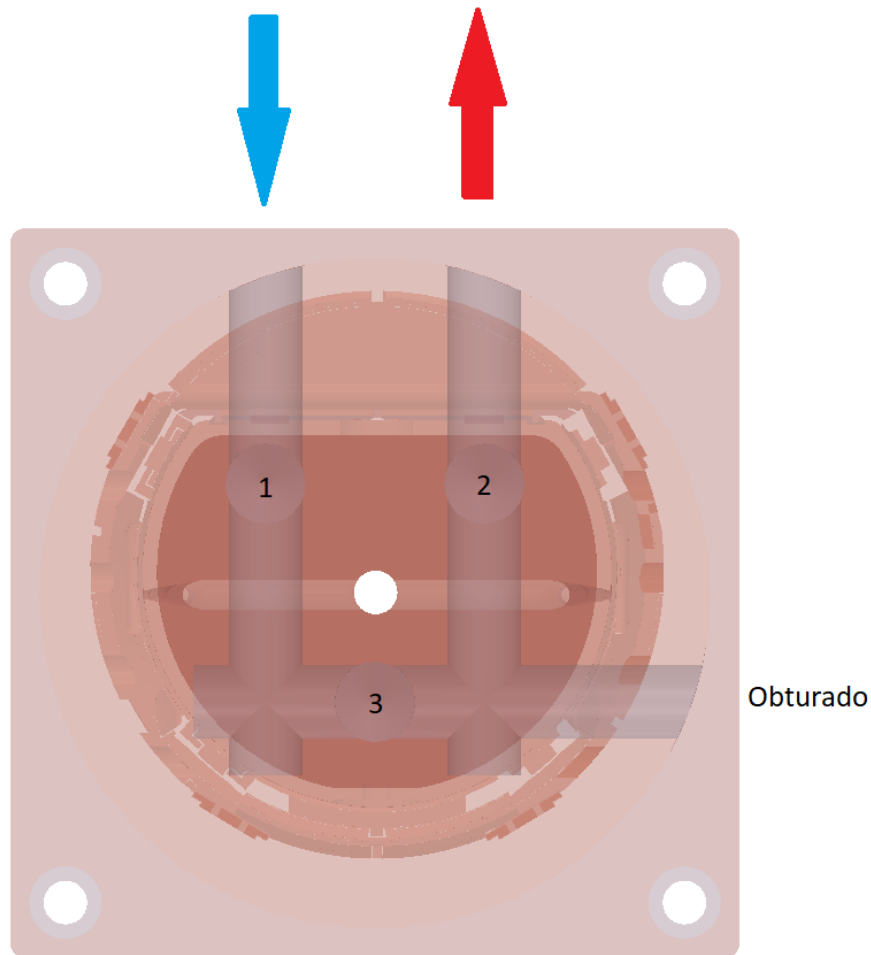
Ilustración 39. Tabla de diámetros de canal. Introducción a los moldes.

De los dos orificios verticales, entra el líquido frío por uno, que fluye por el interior del postizo absorbiendo el calor presente y sale por el otro orificio vertical. Para poder conectar correctamente los tres orificios longitudinales ha sido necesario generar un tercer mecanizado también obturado.

Los taladros longitudinales profundizan dentro del postizo casi su totalidad, de esta manera se asegura que la refrigeración es lo más eficaz posible y se aproxime al máximo a la línea de partición del molde.



Il·lustració 40. Corte transversal del postizo a la altura de los taladros de refrigeración.



Il·lustració 41. Vista frontal del postizo 2, canales de refrigeración.

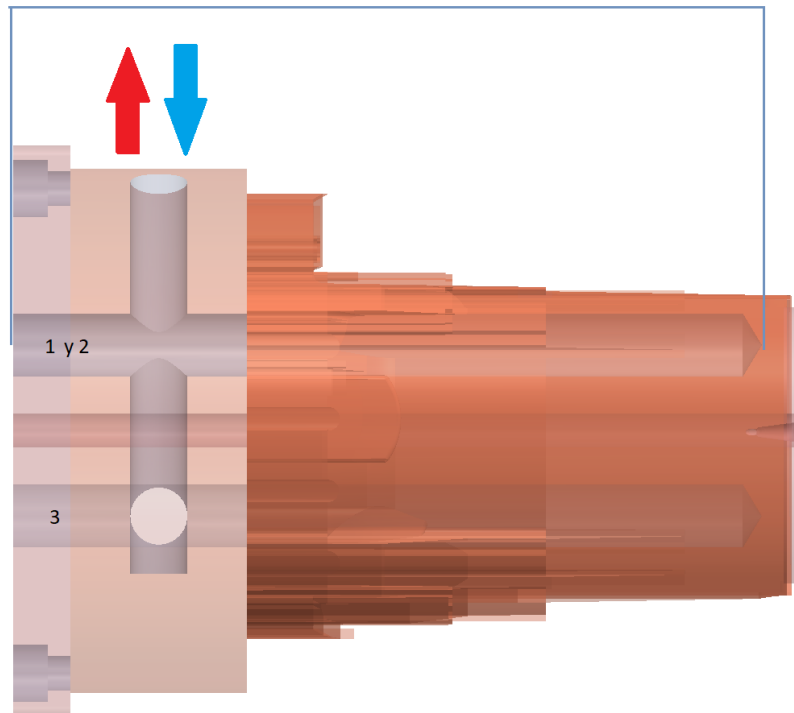


Ilustración 42. Vista lateral del postizo 2, canales de refrigeración.

La refrigeración del postizo de la placa fija sigue el mismo sistema de tres taladros obturados. Con esto se consigue refrigerar el postizo, así como el casquillo del bebedero que pasa por su interior.

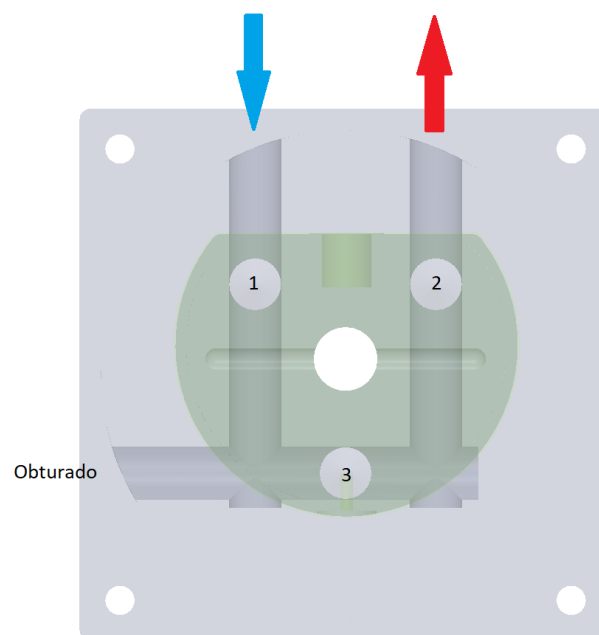


Ilustración 43. Vista frontal del postizo 1, canales de refrigeración.

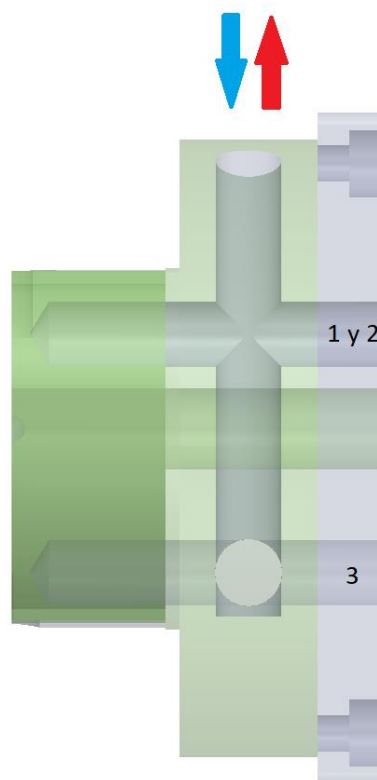


Ilustración 44. Vista lateral del postizo 1, canales de refrigeración.

8.6.4 REFRIGERACIÓN DE LA PLACA MÓVIL

Por otra parte se ha decidido refrigerar la placa móvil del molde. Esto se debe a la presencia de las 8 correderas que están en contacto directo con el plástico fundido y las paredes del molde, por tanto adquieren temperatura en cada ciclo.

Se ha escogido un sistema de taladros que al igual que con los postizos, tienen un diámetro de 10 milímetros. Forman un total de 6 circuitos y se muestran a continuación:

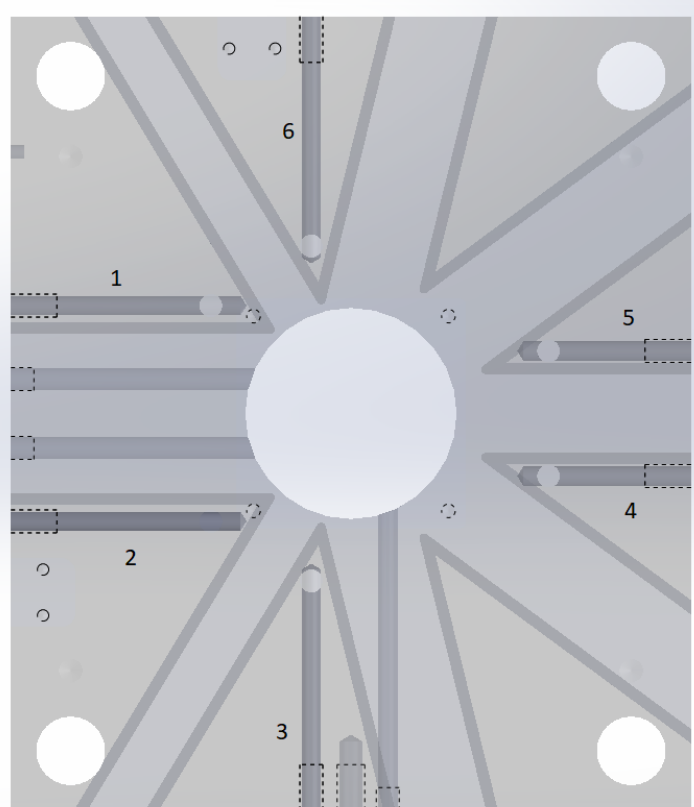


Ilustración 45. Circuitos de refrigeración de la placa móvil.

Con estos 6 circuitos de refrigeración se consigue disipar el calor presente en las correderas y las guías mecanizadas en la placa. Como se puede observar, el circuito consiste en 3 taladros uno de ellos obturado por el cual fluye el agua encargada de disipar el calor.

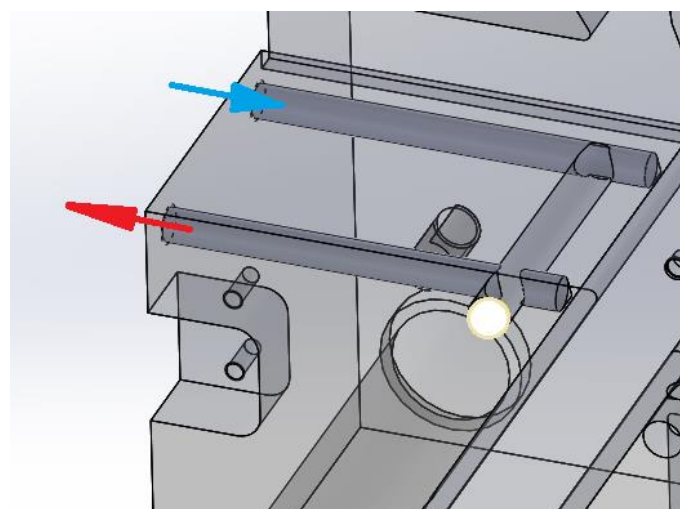
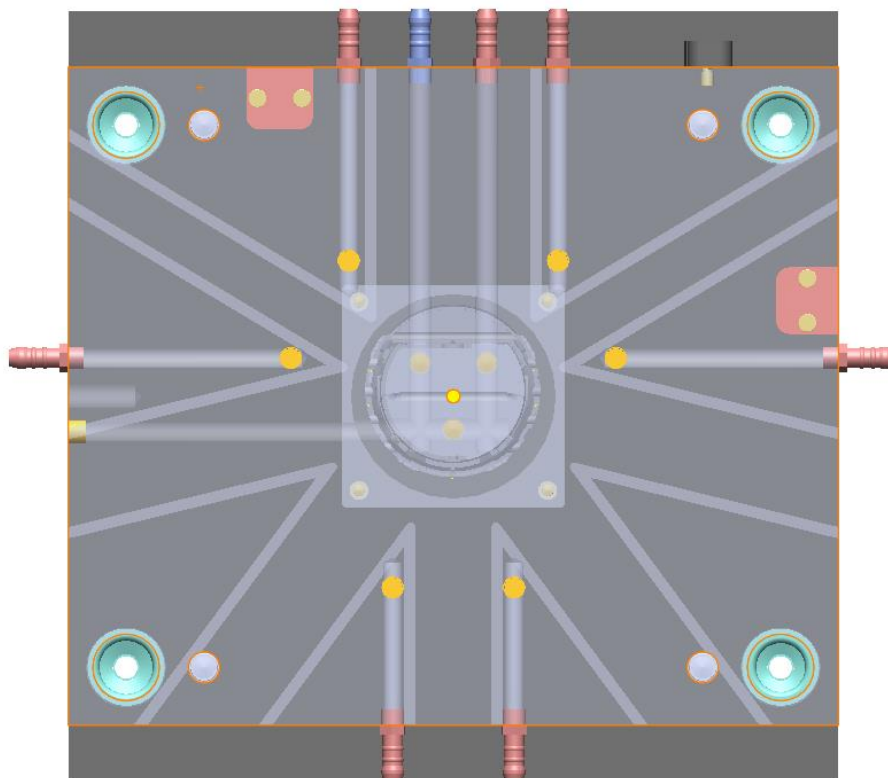
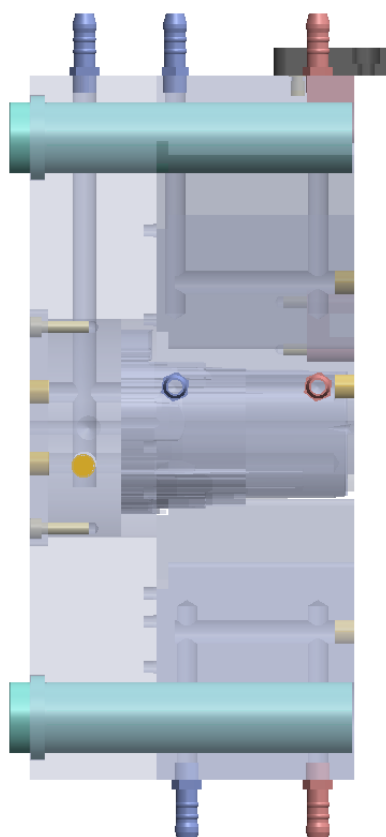


Ilustración 46. Detalle de uno de los circuitos.



Il·lustració 47. Vista frontal de la refrigeració de la placa mòvil.



Il·lustració 48. Vista lateral de la refrigeració de la placa mòvil.

8.7 SISTEMAS DE SEGURIDAD

En este caso se define como sistema de seguridad todo aquello que evita posibles percances durante la manipulación, montaje y transporte del molde.

Todas las aristas vivas del molde van mecanizadas con un chaflán de 2 milímetros a 45 grados para evitar posibles daños físicos durante su manipulación, montaje o mantenimiento.

Un molde de inyección debido a los materiales utilizados puede llegar a pesar grandes cantidades, por lo que la manipulación debe hacerse con cuidado. Es por esto que el molde debe incluir los elementos de seguridad que se detallan a continuación:

Cómo el molde está formado por dos partes principales, la fija y la móvil, es imprescindible incluir un cierre de seguridad que une ambas partes y evita que el molde pueda separarse. Este cierre es un sistema de anclaje en el que una pieza fijada en una de las placas pivota y se fija mediante un tornillo (*Pos.4*) en la otra placa. Para evitar que la pieza pivote cuando el molde está en uso, éste incorpora un posicionado de bola (*Pos.3*).

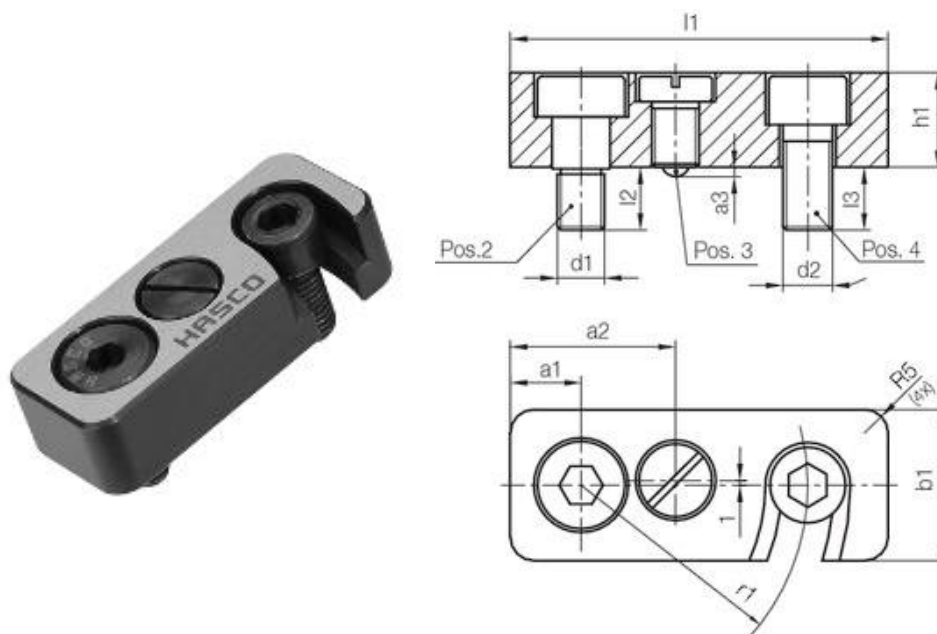


Ilustración 49. Seguro de molde.HASCO

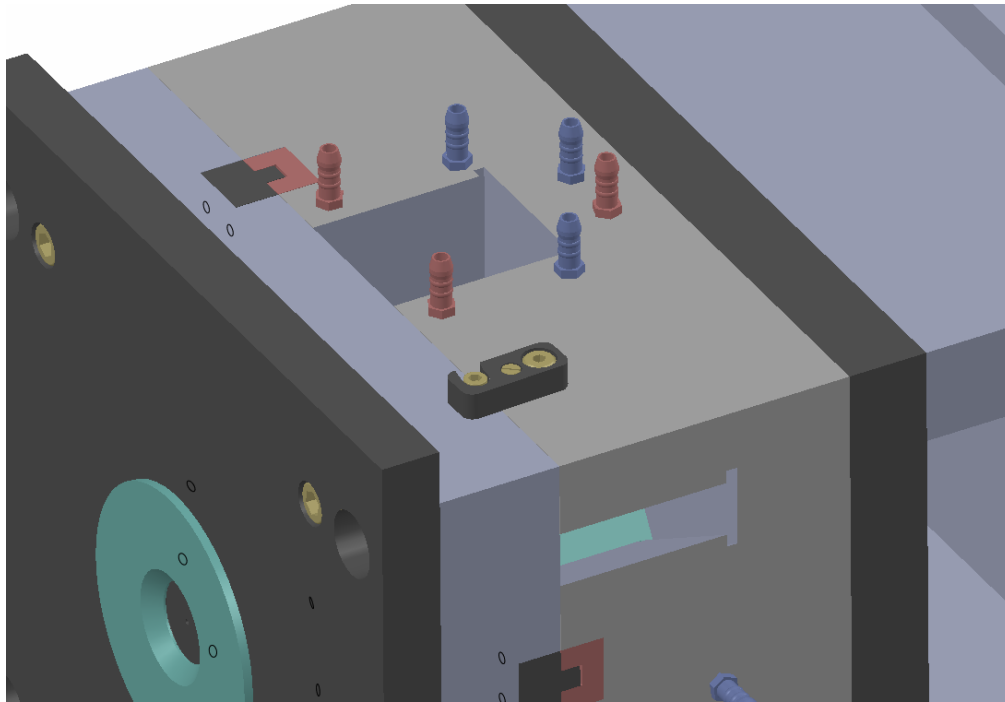


Ilustración 50. Seguro presente en el molde del proyecto.

Por otra parte se incluyen dos cáncamos en ambas placas del molde y situados en el centro de éstas evitando posibles desequilibrios al transportarlo. Estos cáncamos roscados con métrica M10 permiten manipular y transportar el molde de manera segura.



Ilustración 51. Cáncamo roscado M10.

Aquí puede intuirse fácilmente la necesidad de incluir el seguro de molde ya que una mala manipulación o desajuste de los cáncamos podría provocar una separación del molde, la ruptura de éste y la posibilidad de una lesión.

8.8 AÑADIDOS

Finalmente, después de ver en detalle todos los sistemas críticos para el correcto funcionamiento del molde, se detallan todos aquellos añadidos que no son estrictamente necesarios pero que aportan al molde una serie de características que mejoran su usabilidad y fiabilidad.

Se ha incorporado un sistema de posicionamiento fijado con tornillos DIN 912 a cada una en una de las placas del molde. Este sistema sirve para asegurarse de que al cerrar el molde, este lo haga de manera lineal y sin ninguna desviación horizontal o vertical.

Debido a la gran cantidad de partes móviles que incorpora (las 8 correderas) se ha creído necesario colocar este sistema en las dos direcciones (horizontal y vertical). Se trata de un sistema que aumenta mínimamente el precio del molde (94 euros por pareja, HASCO) y que necesita de dos mecanizados extra. Por lo tanto, se ha decidido incorporarlo.

A continuación se muestra un esquema de su funcionamiento:

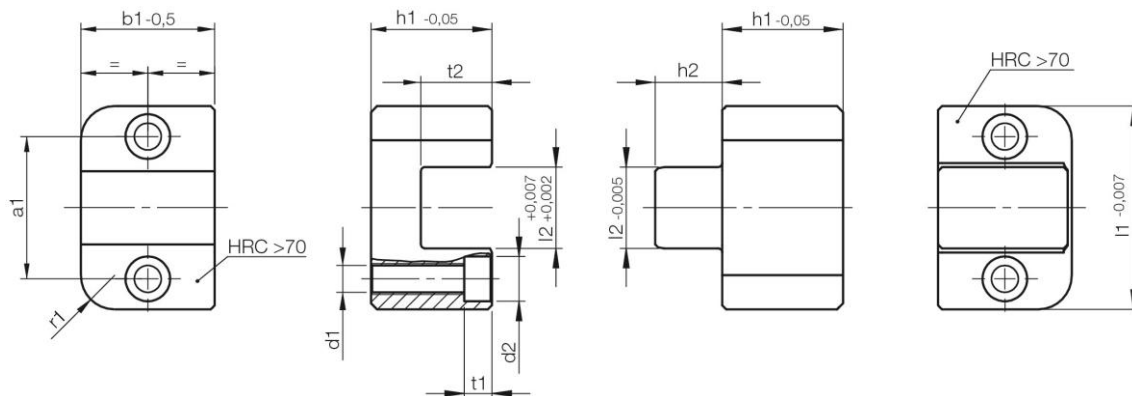


Ilustración 52. Sistema de centrado. (HASCO)

Como se puede observar consiste en dos piezas, una de ellas posee un saliente y la otra un hueco con la misma geometría, de manera que al cerrar el molde encajan y evita cualquier tipo de movimiento lateral.

Para acabar de justificar la decisión, en la siguiente imagen se aprecia un molde similar al de este proyecto con diversas correderas radiales. Como se puede observar, el molde incorpora el sistema de centrado en ambas direcciones.

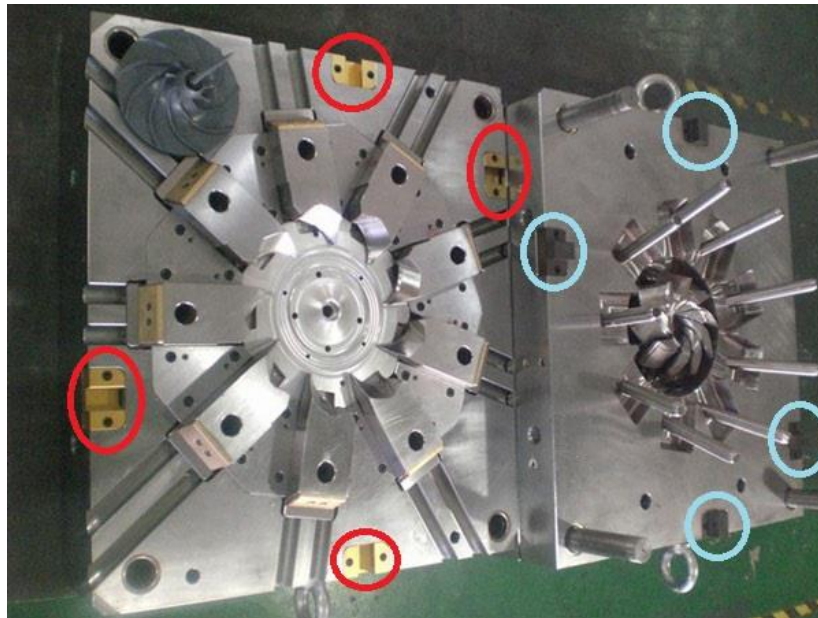


Ilustración 53. Molde con sistema de centrado.

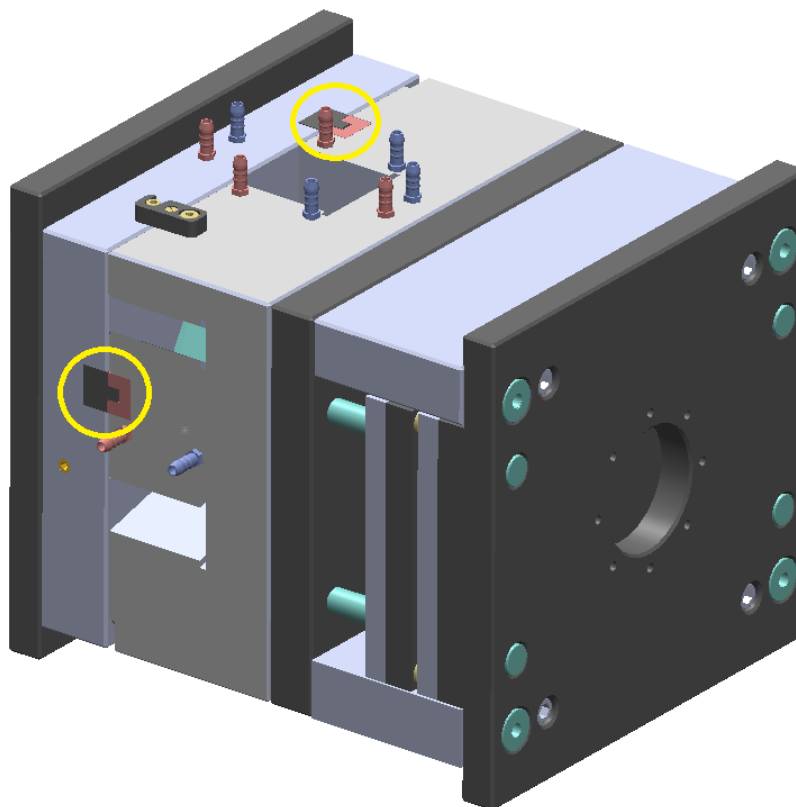
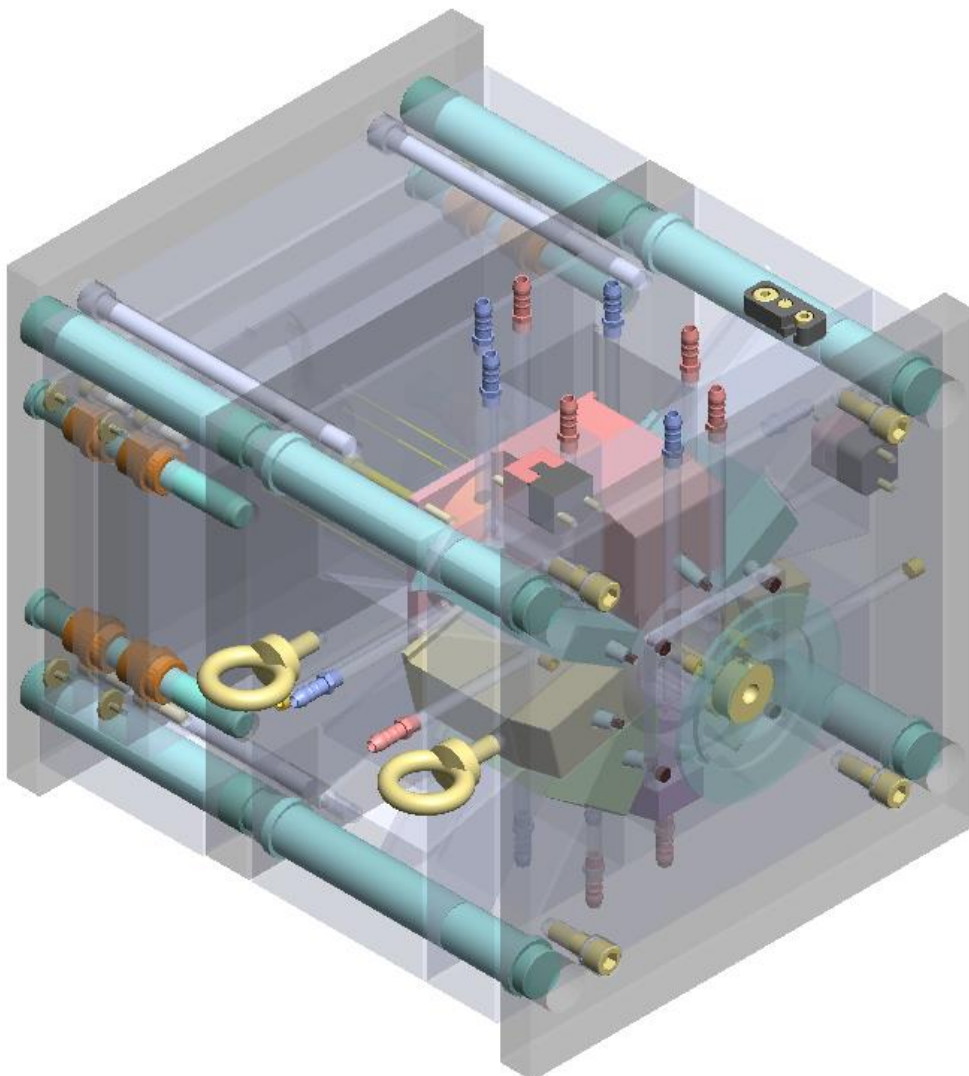


Ilustración 54. Molde del proyecto, sistema de centrado.

8.9 CONJUNTO



Il·lustració 55. Molde del projecte ensamblado.

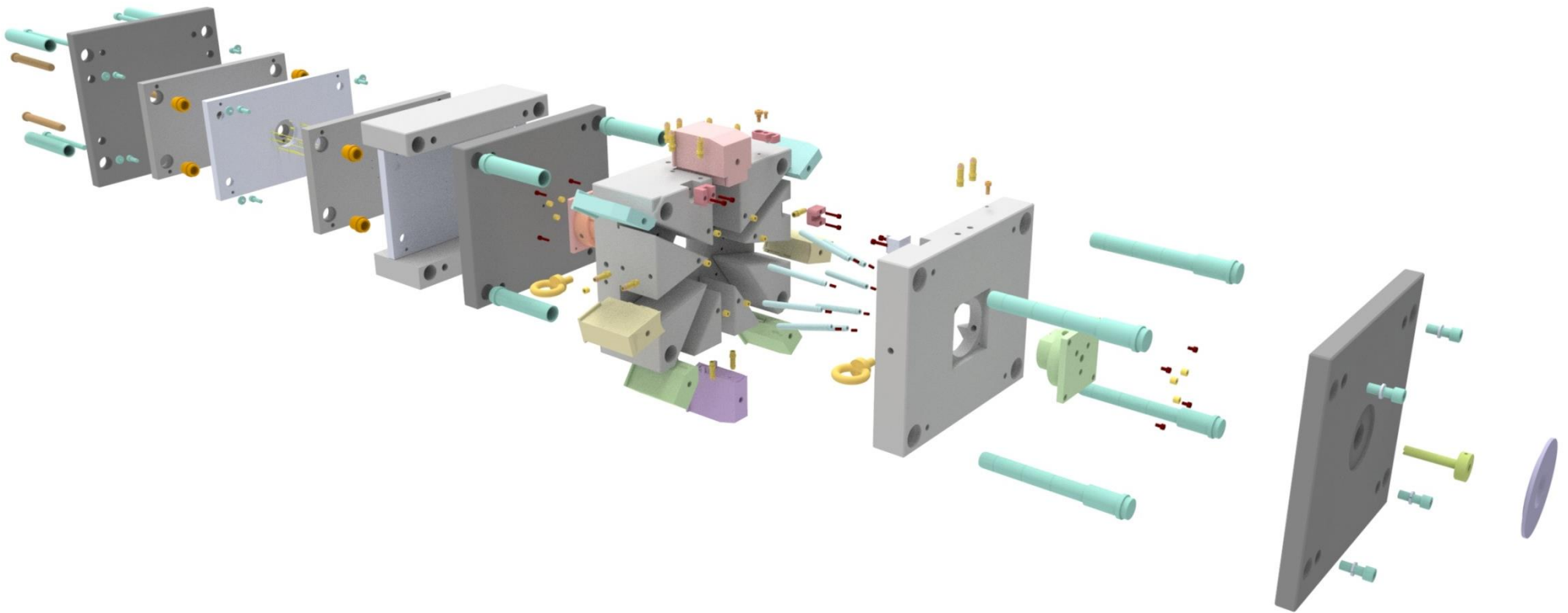


Ilustración 56. Explosionado del molde.

9. CONSIDERACIONES AMBIENTALES

La gran mayoría de materiales plásticos no son recuperados una vez acabada su vida útil. La principal opción es la de alargar al máximo la vida útil de dichos componentes plásticos mediante un buen diseño y una buena elección del material para cada caso. Pese a esto, una vez el producto ha terminado su función es necesario especificar la manera de poder recuperarlo y reciclarlo. Para ello se distinguen los diferentes procesos de reciclado que pueden realizarse sobre los materiales plásticos en función de su grado de contaminación:

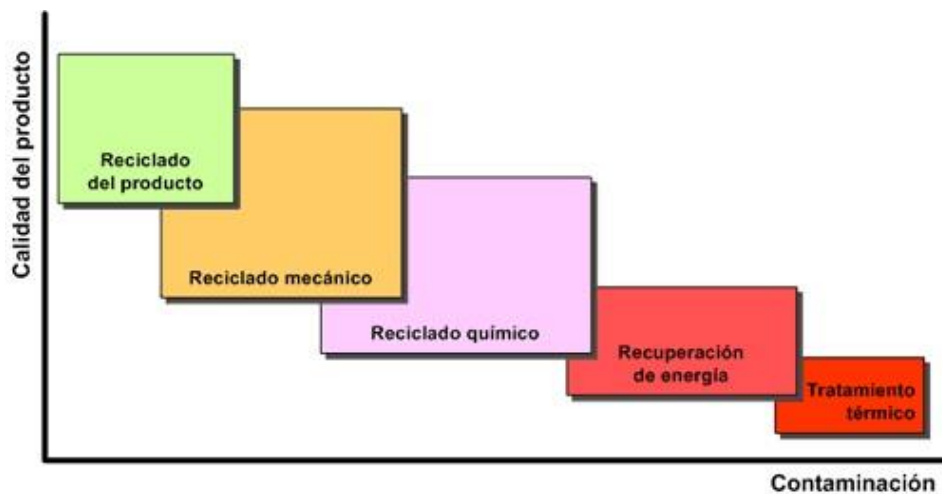


Ilustración 57. Gráfico de los diferentes procesos de reciclado.

Cómo se puede observar, el reciclado o reutilización del producto y el reciclado mecánico son los menos contaminantes y por tanto la opción a seguir siempre que sea posible.

En el caso del material que afecta a este proyecto, el ABS/PC, los fabricantes recomiendan dos alternativas de reciclado:

- Por una parte y siempre que las piezas se fabricaran solas sin ninguna substancia que pueda resultar nociva, se puede realizar un reciclado mecánico.

- En el caso de que la pieza contenga sustancias nocivas, se puede realizar el reciclado químico o el de recuperación de energía siempre que posteriormente se traten los gases producidos en la combustión.

Es por tanto que se escoge el reciclado mecánico para el futuro reciclado de la carcasa tratada en este proyecto, ya que no se genera con ningún tipo de sustancia nociva.

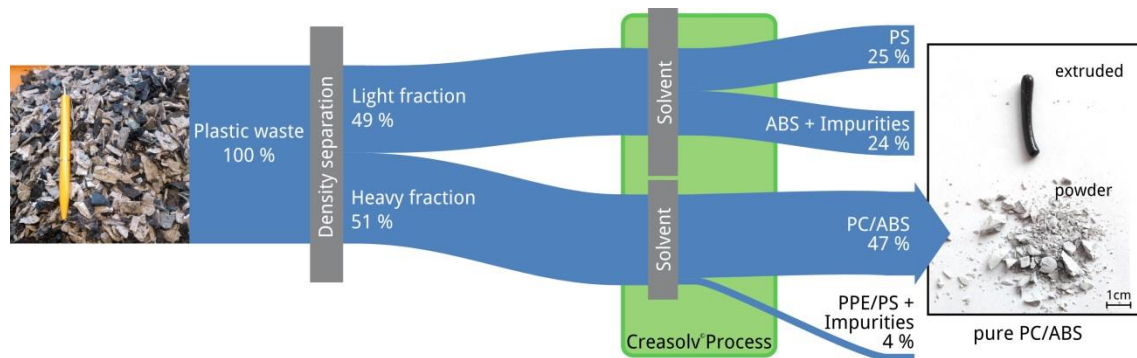


Ilustración 58. ABS reciclado mecánicamente.

También entra dentro del reciclado, no solo aquellas piezas que acaben su vida útil, sino todas las coladas que se generan por ciclo y aquellas piezas que puedan resultar defectuosas.

Existen otras técnicas para reciclar el ABS/PC en caso de que este acabe mezclado con otros plásticos, cabe destacar que si se quiere obtener ABS/PC, este debe ser puro, pues cualquier impureza afecta en gran medida a las propiedades físicas y mecánicas.

El proceso para obtener ABS/PC puro, consiste en el uso de solventes. Este proceso llamado proceso *Creasolv*® desarrollado por *CloseWEE* consiste en aislar el ABS/PC del resto de plásticos mediante selección de densidades y *x-ray transition* o XRT para obtener una pre-selección de plástico rico en ABS/PC. Posteriormente se aplica el *Creasolv*® para obtener el ABS/PC puro.



Il·lustració 59. Proceso Creasolv.CloseWEE.

Esta técnica es interesante para recuperar este tipo de material que desafortunadamente acaba mezclándose entre todos los plásticos que se desechan.

En lo que respecta al molde, una vez no sea necesario su uso, será necesario desmontarlo completamente, separar los diferentes componentes en función del material y asegurarse de que no hay restos de lubricante, grasa o aceite antes de enviarlo a la empresa de gestión de residuos metálicos.

10. RESUMEN DE RESULTADOS

- Este proyecto recoge el nacimiento de un componente de plástico, su desarrollo y finalmente el diseño del molde de inyección que lo generará. Se ha intentado profundizar al máximo en la tarea del diseño del molde, intentando (dentro de las limitaciones del software usado) que el molde fuera funcional y lo más acercado a un producto real y comercializable posible. Por tanto una vez finalizado el proyecto se puede concluir que se han alcanzado los objetivos propuestos y se ha llegado a una propuesta final viable, factible y lógica.
- Durante el desarrollo de este proyecto se han tenido en cuenta las normativas siguientes que se especifican en el Pliego de condiciones:
 - Real Decreto 1644/2008
 - UNE82-315
 - ISO 8015
 - UNE-EN-ISO- 1101:2006
 - EN ISO 9974
 - UNE-EN 201:1997
 - ISO 11469
- Todas las decisiones tomadas en este proyecto han pretendido que se minimice la dificultad de fabricación y elevar costes innecesariamente (materiales, tratamientos, mecanizados). Además se ha intentado seguir todos los criterios de diseño presentes en la bibliografía y normativas presentes en el Pliego de condiciones.
- La existencia de empresas y proveedores dedicados exclusivamente a proporcionar componentes normalizados y catalogados, como puede ser el caso de HASCO, facilita la tarea de dar un presupuesto exacto en cuanto a materiales brutos y normalizados. Además permite poder substituir elementos en caso de avería o desgaste, ya que están debidamente catalogados y son fácilmente reemplazables.

- El tiempo dedicado al diseño del molde es elevado y aumenta considerablemente el precio total de éste. En total son aproximadamente 360 horas que equivalen a 10.500 euros (ver Presupuesto del proyecto). En un caso más acercado a la realidad, donde el diseño es realizado por un equipo de profesionales dedicados exclusivamente a dicha tarea y con el software adecuado, es muy posible que el tiempo se reduzca y por tanto el precio total del molde.
- El software utilizado juega una enorme importancia en cuanto a eficacia, facilidad y rapidez en el caso del diseño 3D del molde. En este caso se ha utilizado *Solidworks* versión estudiante, que carece de los módulos específicamente enfocados al diseño de moldes. Han aparecido dificultades al generar el modelo 3D de las correderas y postizos ya que el programa, al tratarse de una pieza cilíndrica y con gran cantidad de huecos y salientes, ha tenido problemas al interpretar y generar algunas de las superficies de dichos componentes.
- Se trata de un molde cuyo presupuesto se ajusta en gran medida a un presupuesto real, con un total de algo más de 25.000 euros. Se ha detallado todo y se han obtenido todos los precios del material y piezas en bruto directamente de los proveedores (que tienen un catálogo público) y se ha calculado el tiempo de diseño y modelado 3D.

El apartado que quizás difiera de un presupuesto real es la de mecanizados. Se ha calculado un tiempo y precio aproximado de mecanizado ya que cada pieza es diferente y su complejidad de fabricación también.
- Una vez finalizado el proyecto, y en el supuesto caso de que se pensara llevarlo a cabo, sería necesario revisar y realizar simulaciones por ordenador de los sistemas de alimentación y de los 3D de las correderas y postizos del molde con software específico para verificar que no haya algún elemento que interfiera o que se pueda mejorar, simplificar o sustituir.

11. BIBLIOGRAFIA

(2018). *Bayblend® T85 XF ISO Datasheet*.

Campo, L. A. (2006). *The complete part design handbook*. Hanser.

García, M. C. (2014). Tendencias en los materiales plásticos del automóvil. (62).

Ortega, E. M. (2007). *Diseño de moldes de inyección de plástico con ingeniería concurrente*.
Mexico, D.F.

Rao., N. S. (1998). *Design data for plastic engineers*. Germany: Hanser.

Rivero, V. L. (2019). Evolución del Uso de los Materiales Plásticos en la Industria Automotriz. 3.
INNOVA Research Journal.

Situación y perspectivas en el sector del automóvil. (2018). Madrid.

Soto, M. S. (s.f.). Directrices para el diseño optimizado de piezas de plástico.

Soto, M. S. (s.f.). Introducción a los moldes. Terrassa.

Soto, M. S. (s.f.). Selección de materiales plásticos en el diseño de productos.

UPC-CCP. (s.f.). Inyección de termoplásticos: Introducción. Terrassa.

12. ANEXOS

12.1 CÁLCULOS

12.1.1 CÁLCULO DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO

$$tk = \frac{s^2}{a \times \pi^2} \times \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \times \left(\frac{\sigma_M - \sigma_W}{\sigma_E - \sigma_W} \right) \right)$$

Ecuación 3. Leyes de Fourier para calcular el tiempo de enfriamiento.

Dónde: α = conductividad térmica / densidad del ABS/PC por capacidad calorífica específica.

k = Conductividad térmica	0,17 W/Km
ρ = Densidad	1,03 g/cm ³ - 1030 kg/ cm ³
C _e = Calor Específico	1080 J/Kg-K

Tabla 3. Propiedades del ABS/PC para el cálculo de α .

$$\alpha = \frac{k}{\rho \times Ce} = \frac{0,17 \frac{W}{Km}}{1030 \frac{Kg}{cm^3} \times 1080 \frac{J}{KgK}} = 1,53 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Ecuación 4. Cálculo de la variable α .

Sabiendo que:

S = De-Di o Espesor medio de la pieza	2,5 milímetros
σ_M = Temperatura de elaboración	230°C
σ_W = Temperatura de las paredes del molde	70°C
σ_E = Temperatura media de desmoldeo	100°C

Tabla 4. Variables de la pieza y el molde

Las temperaturas se utilizan como constante pese a que en la realidad pueden variar en cierta medida. Las temperaturas se han extraído de la tabla del apartado 7.1.

$$tk = \frac{(2,5 \times 10^{-3})^2}{1,53 \times 10^{-7} \times \pi^2} \times \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \times \left(\frac{230 - 70}{100 - 70} \right) \right) = 6,05 \text{ s}$$

Ecuación 5. Cálculo del tiempo de enfriamiento.

El tiempo de enfriamiento por tanto es aproximado ya que las temperaturas se han considerado constantes. En total se necesita un mínimo de 6,05 segundos.

12.1.2 CÁLCULO DEL CALOR A DISIPAR Y CANTIDAD DE FLUIDO NECESARIO

$$Q = \frac{hs \times m}{tk} = \frac{320 \times 0,0563}{6,05} = 2,97 \text{ cal/s o } 12,46 \text{ J/s}$$

Ecuación 6. Calor a disipar.

Dónde:

- H_s equivale a la entalpía específica del ABS/PC y se ha extraído de la siguiente tabla.
- M es la masa en kg de material a inyectar.
- T_k es el tiempo de enfriamiento calculado anteriormente.

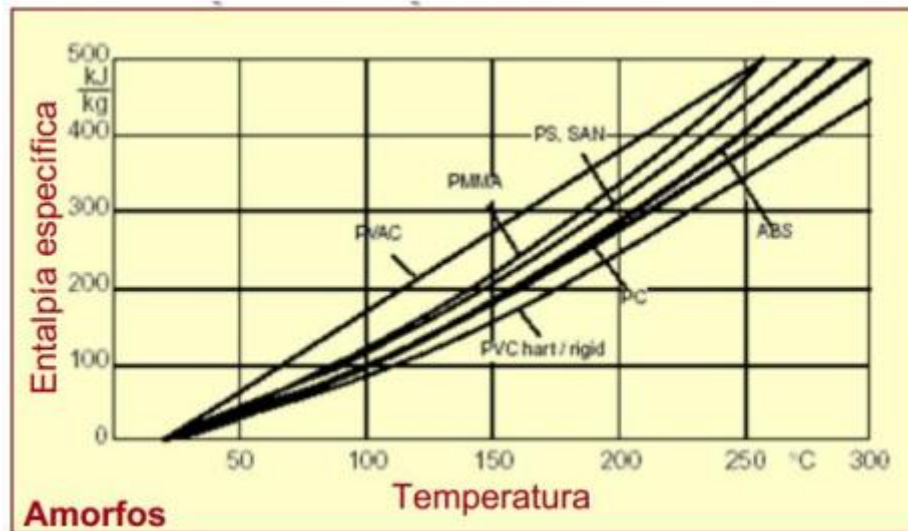


Ilustración 60. Tabla de entalpía específica.

Para determinar la cantidad de fluido (agua) necesario para refrigerar el molde se utiliza la siguiente ecuación:

$$m_{\text{Agua}} = \frac{Q \times tk}{C_{H_2O}} = \frac{12,46 \frac{J}{s} \times 6,05 s}{4,186 J/gr} = 18 gr$$

Ecuación 7. Cantidad másica de agua a utilizar.

Dónde C_{H_2O} equivale a 4,186 J/gr.

Por lo que ahora podemos determinar el caudal en masa relacionando la masa de agua con el tiempo de enfriamiento.

$$CM_{\text{agua}} = \frac{M_{\text{agua}}}{Tk} = \frac{18}{6,05} = 2,97 gr/s$$

Ecuación 8. Caudal másico de agua por segundo.

Será necesario un caudal de 2,97 gramos de agua por cada segundo de enfriamiento.

12.1.3 CÁLCULO DE LA FUERZA DE PRESIÓN DEL MOLDE

$$FC = P_m \times \text{AreaProyectada} \times KM \times KS$$

Ecuación 9. Fuerza de cierre del molde.

Dónde:

- $L_f = 84$
- $P_m = 480 \text{ kg/cm}^2$
- $S = 2,5 \text{ mm}$
- Área proyectada: $63,61 \text{ cm}^2$
- Coeficiente corrector $KM = 1,5$
- Coeficiente de seguridad $KS = 1,1$

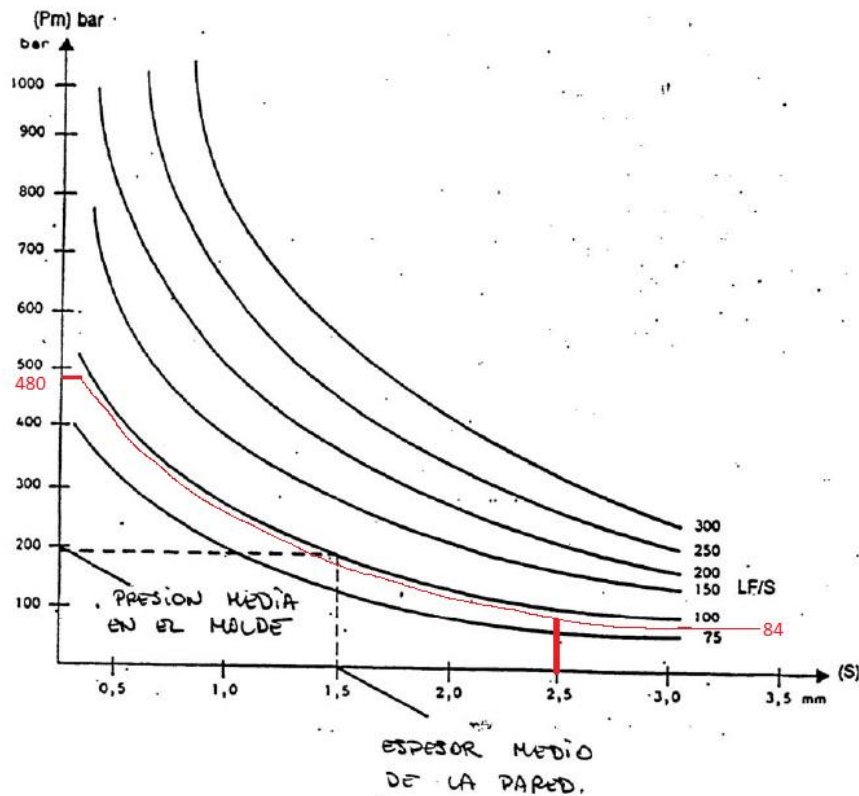


Ilustración 61. Tabla relación P_m/S .

$$FC = 480 \times 63,61 \times 1,5 \times 1,1 = 50,379 \text{ T}$$

12.2 DIAGRAMA DE GANTT

A continuación de detalla la durada temporal de las principales actividades que se han desarrollado en el proyecto. Se divide temporalmente por semanas empezando la segunda semana de febrero, cuando empezó oficialmente el proyecto hasta el día 10 de junio cuando se entrega toda la documentación.

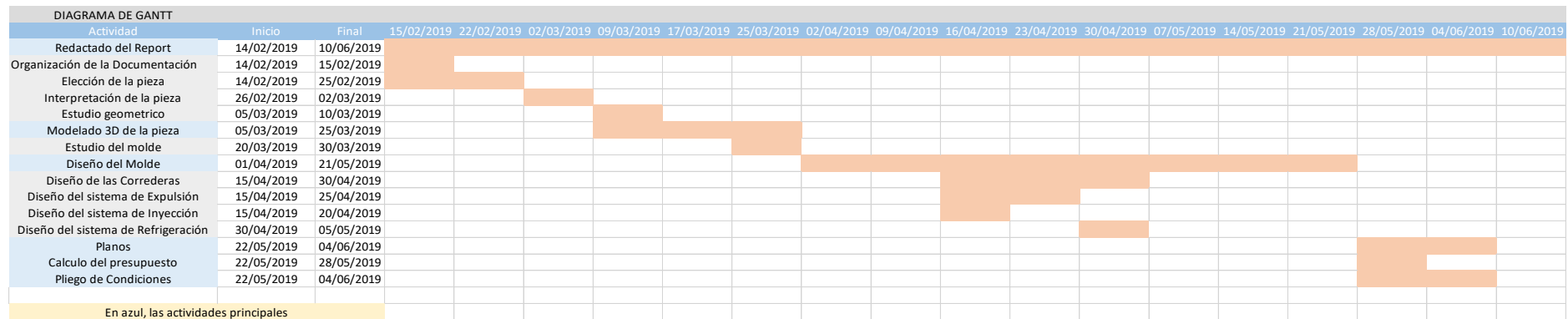


Ilustración 62. Diagrama de Gantt del proyecto

Cabe destacar que la actividad de mayor durada ha sido el diseño del molde y todos sus sistemas. Este tiempo en horas es el utilizado para calcular el coste de diseño del molde, que se puede apreciar en detalle el Presupuesto del proyecto.

12.3 INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Imagen del conjunto de componentes que forman el difusor.	7
Ilustración 2. Vista superior del conjunto.	8
Ilustración 3. Situación del difusor en el vehículo.....	9
Ilustración 4. Difusor del vehículo.....	9
Ilustración 5. Interior de un vehículo actual	13
Ilustración 6. Especificaciones del fabricante.	13
Ilustración 7. Componentes químicos que forman el ABS/PC.	14
Ilustración 8. Renderizado de la carcasa del difusor.....	17
Ilustración 9. Principales vistas y medidas generales de la carcasa.....	18
Ilustración 10. Vista del interior de la carcasa.	19
Ilustración 11. Esquema de las 8 correderas que forman el exterior de la carcasa.	19
Ilustración 12. Carcasa impresa en 3D.	20
Ilustración 13. Parámetros de la impresión 3D.....	20
Ilustración 14. Esquema de las principales partes del sistema inyector. (Davies Molding).....	22
Ilustración 15. Especificaciones técnicas.....	24
Ilustración 16. Vista del interior de la carcasa.	25
Ilustración 17. Postizo de la placa fija.	27
Ilustración 18. Postizo de la placa móvil.	27
Ilustración 19. Corte vertical del casquillo bebedero.	28
Ilustración 20. Diferentes perfiles de los canales.....	29
Ilustración 21. Tabla para el dimensionado de los canales .Introducción a los moldes.	29
Ilustración 22. Arista de Corte y ángulo de inyección Docplayer.es.	30
Ilustración 23. Canales y entradas submarinas en el postizo del lado móvil.....	31
Ilustración 24. Esquema del sistema completo de alimentación.....	31
Ilustración 25. Esquema del sistema de expulsión.	32
Ilustración 26. Corte de una corredera. Se observa el taladro de la guía a 14°	33
Ilustración 27. Corte, sistema de correderas del molde.	33
Ilustración 28. Posicionado de bola. HASCO	34
Ilustración 29. Sistema de correderas, guías en la placa fija.	34
Ilustración 30. Distribución de las correderas en la placa móvil.....	35
Ilustración 31. Dimensión del expulsor de la colada.....	36
Ilustración 32. Esquema, posición de los expulsores de la pieza.	37
Ilustración 33. Dimensiones de los expulsores de la pieza.	37
Ilustración 34. Esquema de la doble expulsión. Techno Injection & Tools	38
Ilustración 35. Expulsor de doble etapa. HASCO.....	38
Ilustración 36. Sistema de expulsión de dos etapas.	39
Ilustración 37. Sistema de guiado de las placas expulsoras.....	39
Ilustración 38. Expulsión.	40
Ilustración 39. Tabla de diámetros de canal. Introducción a los moldes.....	42
Ilustración 40. Corte transversal del postizo a la altura de los taladros de refrigeración.	43
Ilustración 41. Vista frontal del postizo 2, canales de refrigeración.....	43
Ilustración 42. Vista lateral del postizo 2, canales de refrigeración.....	44
Ilustración 43. Vista frontal del postizo 1, canales de refrigeración.....	44
Ilustración 44. Vista lateral del postizo 1, canales de refrigeración.....	45
Ilustración 45. Circuitos de refrigeración de la placa móvil.	46
Ilustración 46. Detalle de uno de los circuitos.	46

Ilustración 47. Vista frontal de la refrigeración de la placa móvil.....	47
Ilustración 48. Vista lateral de la refrigeración de la placa móvil.	47
Ilustración 49. Seguro de molde.HASCO	48
Ilustración 50. Seguro presente en el molde del proyecto.	49
Ilustración 51. Cáncamo roscado M10.....	49
Ilustración 52. Sistema de centrado. (HASCO)	50
Ilustración 53. Molde con sistema de centrado.....	51
Ilustración 54. Molde del proyecto, sistema de centrado.	51
Ilustración 55. Molde del proyecto ensamblado.	52
Ilustración 56. Explosionado del molde.	53
Ilustración 57. Gráfico de los diferentes procesos de reciclado.	54
Ilustración 58. ABS reciclado mecánicamente.	55
Ilustración 59. Proceso Creasolv.CloseWEE.	56
Ilustración 60. Tabla de entalpía específica.	62
Ilustración 61. Tabla relación Pm/S.....	63
Ilustración 62. Diagrama de Gantt del proyecto	64

12.4 INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades físico-mecánicas del ABS/PC (Siim and Co., S.L. «Propiedades físicas y mecánicas materiales»).....	15
Tabla 2. ABS/PC Propiedades. CAMPUS plastics data bank ISO 10350.....	23
Tabla 3. Propiedades del ABS/PC para el cálculo de a.	60
Tabla 4. Variables de la pieza y el molde	61

12.5 INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Dimensionado de los canales.....	29
Ecuación 2. Cálculo del ángulo del sistema de correderas.	32
Ecuación 3. Leyes de Fourier para calcular el tiempo de enfriamiento.	60
Ecuación 4. Cálculo de la variable a.	60
Ecuación 5. Cálculo del tiempo de enfriamiento.	61
Ecuación 6. Calor a disipar.	61
Ecuación 7. Cantidad másica de agua a utilizar.	62
Ecuación 8. Caudal másico de agua por segundo.	62
Ecuación 9. Fuerza de cierre del molde.	63

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

PLANOS

PLIEGO DE CONDICIONES